

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра
(наименование)

«Транспортные машины»
(наименование)

Направление подготовки

23.03.01 «Технология транспортных
процессов»

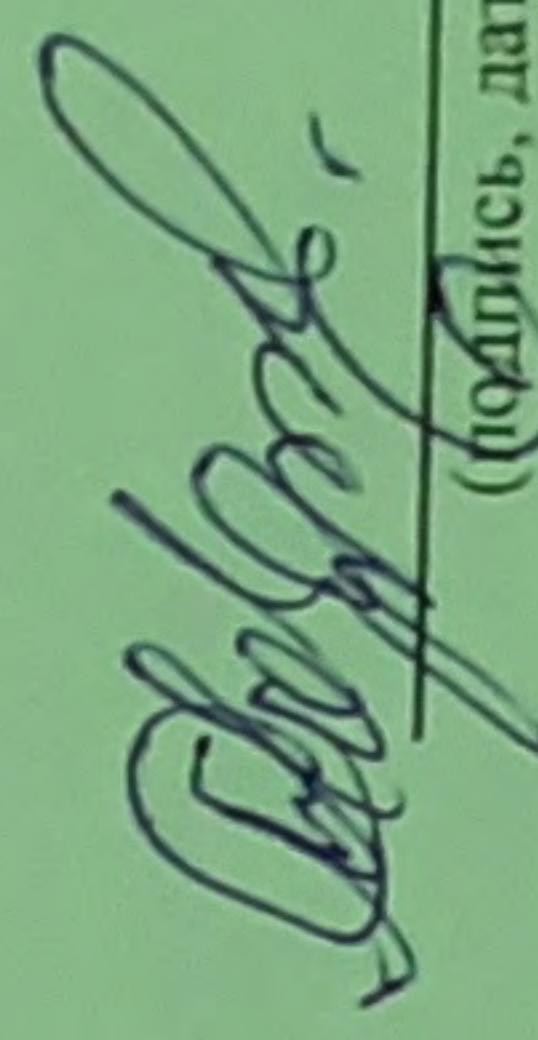
Профиль

«Организация и безопасность движения»
(наименование)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на тему

Повышение активной безопасности транспортного средства
среднего класса за счет модернизации тормозной системы

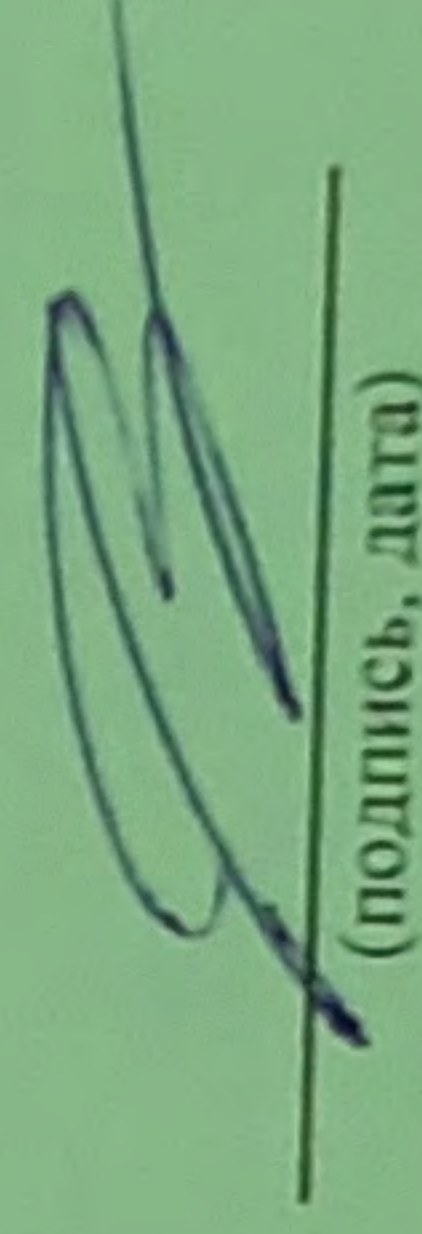
Студент


(подпись, дата)

Максимов Сергей
Иванович
(ф.и.о. полностью)

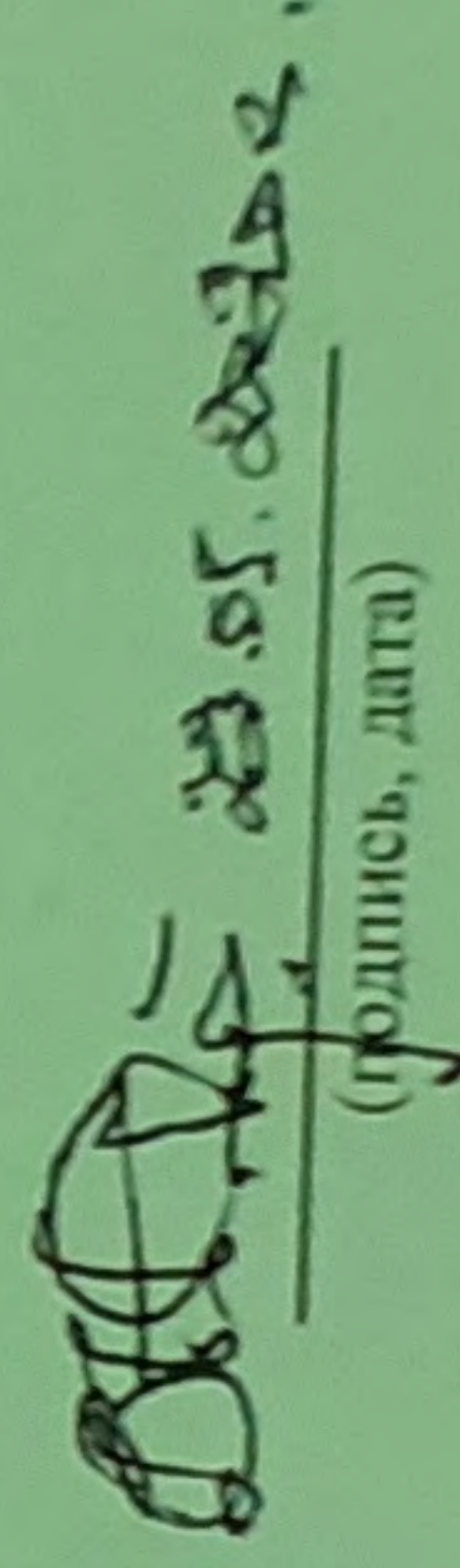
Руководитель работы:

к.т.н., доцент


(подпись, дата)

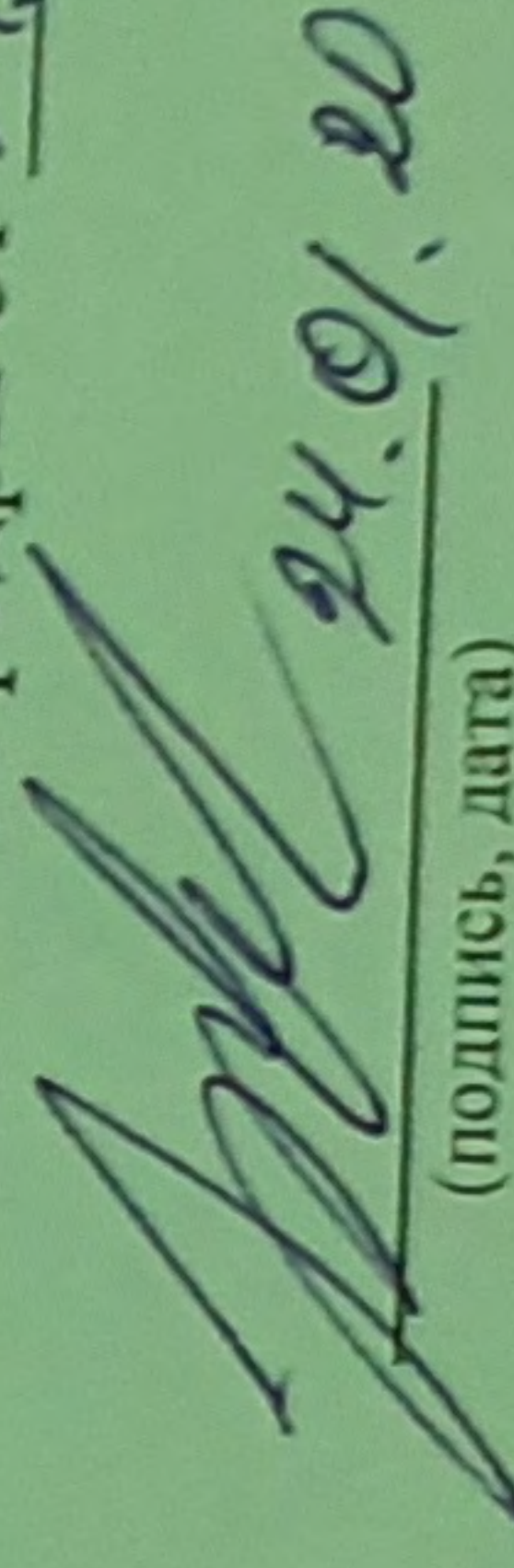
Войнов А.А.
(фамилия, инициалы)

Нормоконтролер: к.т.н., доцент


(подпись, дата)

Каледа В.Н.
(фамилия, инициалы)

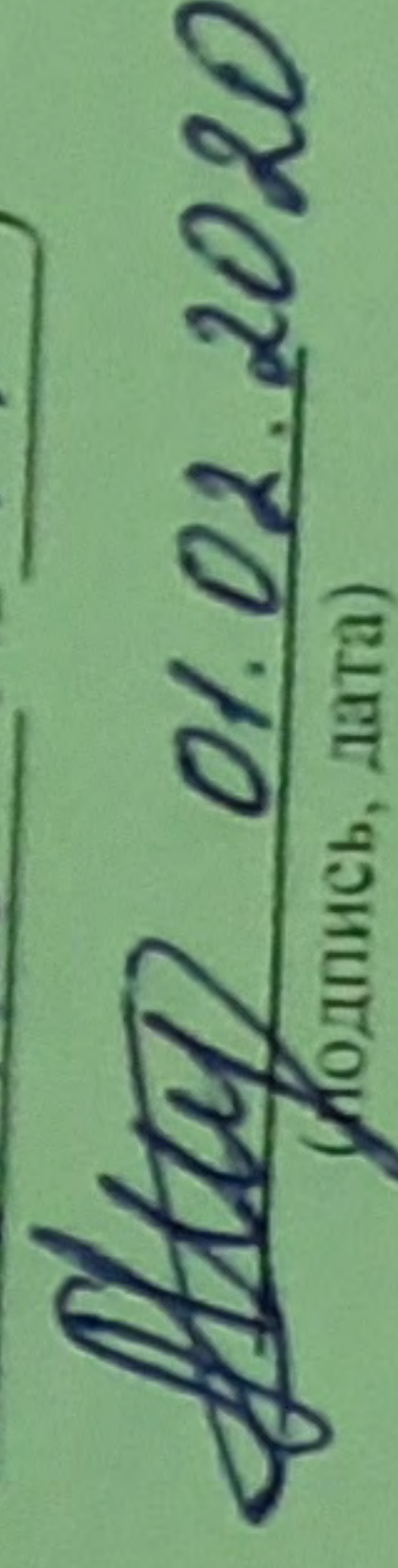
Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 24.01.20 № 5)
Заведующий кафедрой: д.т.н.,
профессор


(подпись, дата)

Салмин В.В.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой хорошо (протокол заседания ГЭК
от 01.02.20 № 17)

Секретарь ГЭК: к.т.н., доцент


(подпись, дата)

Жук А.П.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2020

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА «ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ»

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой ТМ
д.т.н., проф. В.В. Салмин

подпись

«08» 08 2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

Студенту гр. 163МГ31 Политехнического института, заочной формы обучения
по направлению 23.03.01 Технологии транспортных процессов

Максимову Сергею Ивановичу

Научный руководитель работы: к.т.н., доцент кафедры «ТМ» А. А. Войнов
Время выполнения выпускной квалификационной работы: с 23.12.2019 г.
по 01.02.2020 г.

Место преддипломной практики: МКУ «Департамент ЖКХ г. Пензы»
Тема работы: «Повышение активной безопасности транспортного средства
среднего класса за счёт модернизации тормозной системы»

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 809/о от 02 июля 2019 г.

Техническое задание на работу (назначение устройства, условия применения,
внешние воздействия, специальные требования и т. п.): разработать проект
тормозной системы активной безопасности.

Объём и содержание основной части работы

Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов,
обоснований, описаний):

- введение с обоснованием актуальности темы исследования, постановкой
цели и задач исследования 1 – 2 страницы;
- состояние вопроса, применения в тормозных системах автомобиля
подсистем обеспечивающих активную безопасность 10 – 20 страниц;
- разработка системы повышающей активную безопасность транспортного
средства 20 – 30 страниц;

- конструкторский раздел, в котором выполнены расчёты тормозных систем
её элементов для автомобиля среднего класса 10–20 страниц;

- экономический раздел – обоснование реальных затрат на реализацию
предложенных мероприятий 10 – 20 страниц;

- заключение – выводы и обоснования по реализации разработанного комплекса
мероприятий – 1-2 страницы.

Графическая часть (перечень и содержание чертежей, плакатов)

	1	1л А1
– цели и задачи выпускной работы		1л А1
– статистика ДТП		1л А1
– система активной безопасности автомобиля		1л А1
– система активной безопасности автомобиля (сборочный чертёж)		1л А1
– общий вид тормозной системы (сборочный чертёж)		1л А1
– модернизированная тормозная система (сборочный чертёж)		1л А1
– электромагнитная катушка (сборочный чертёж)		1л А1
– бортовое оборудование		1л А1
– алгоритм работы системы активной безопасности		1л А1
– датчики контроля системы активной безопасности		1л А1

Рекомендуемая литература:

- 1 ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [Текст]. – Введ. 2006-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 95 с.
2. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: уч. для вузов/ Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.
3. Организация и безопасность движения: метод. указания по преддипломной практике и дипломиному проектированию. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. – 40 с.

Дата выдачи задания: 05.07.2019 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы:

к.т.н, доцент каф. «ТМ»

А.А. Войнов

Задание к исполнению принял студентка

гр. 163МГ31 С.И. Максимов

05 июля 2019 г.

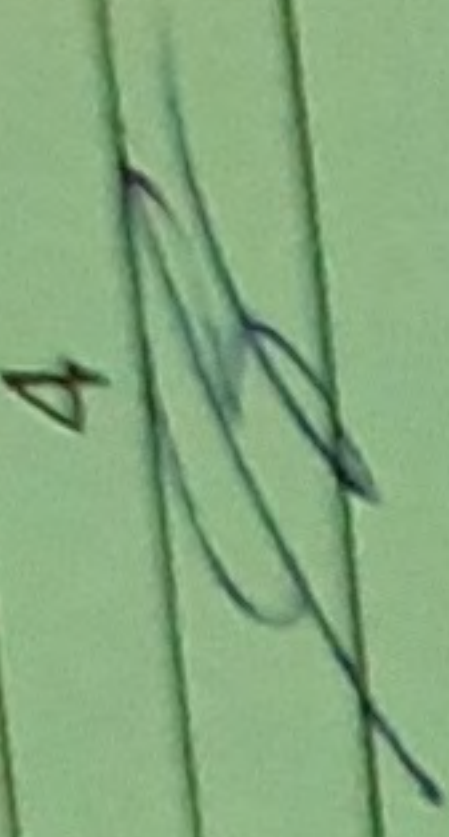
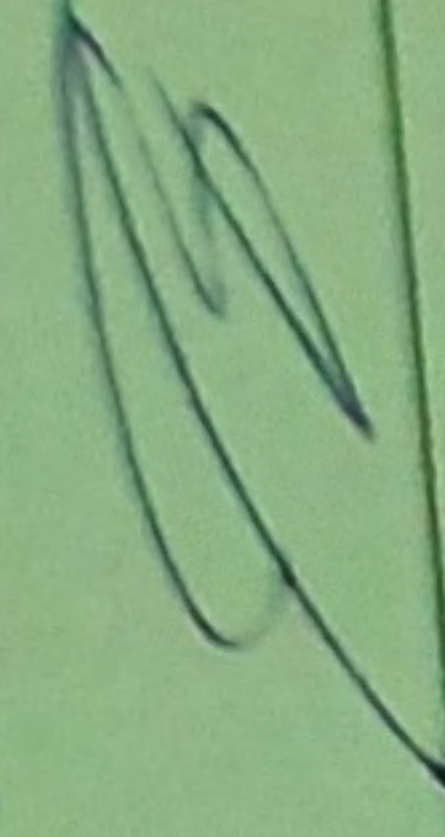
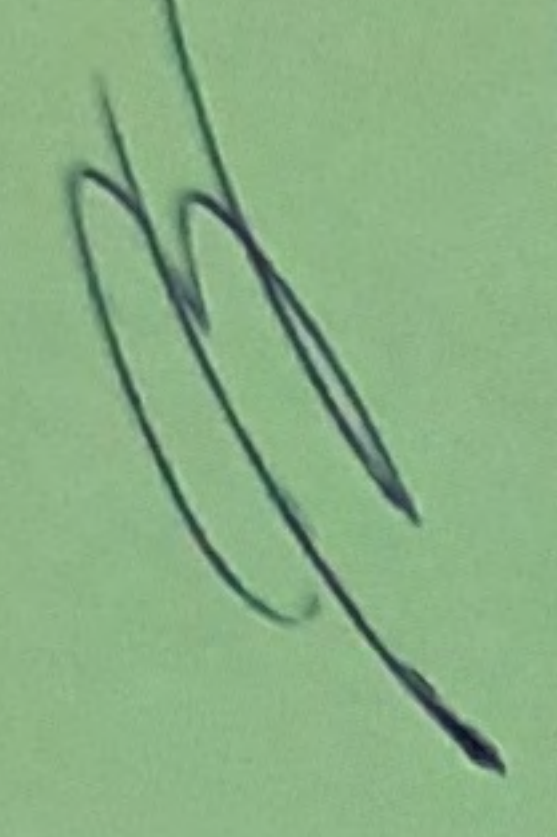
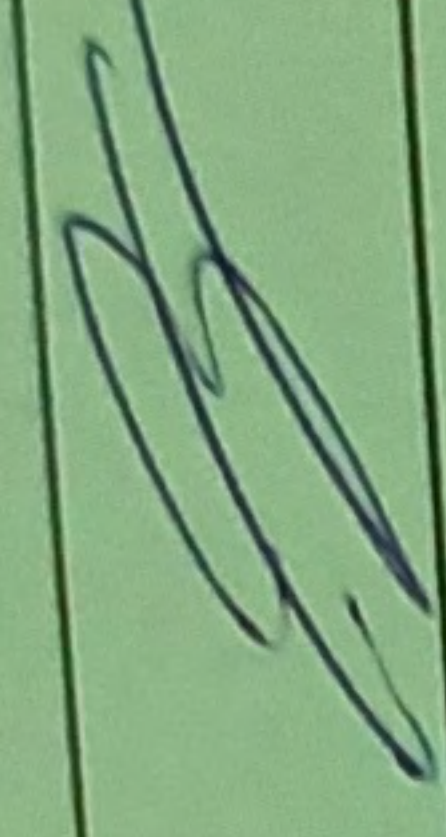
ФГБОУ ВО «ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 ПРОБЛЕМНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
 КАФЕДРА «ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ»

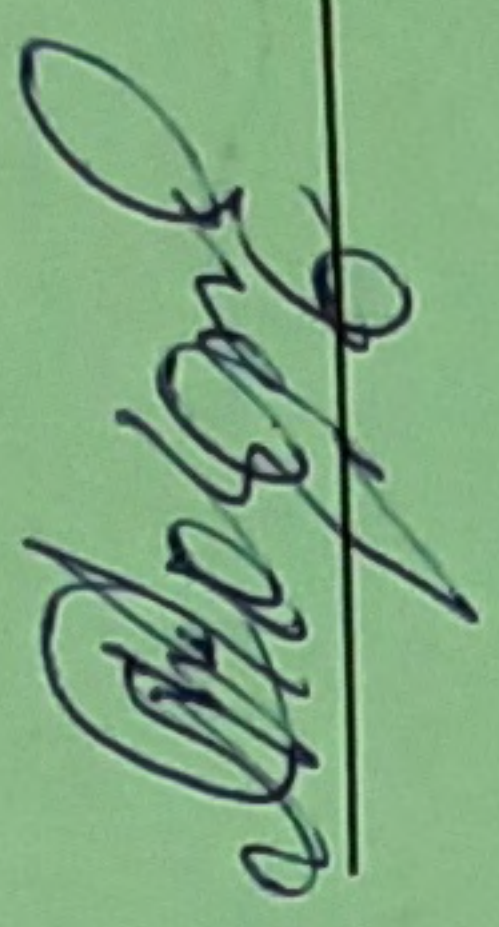
«Утверждаю»
 Руководитель ВКР
 к.т.н., доцент А.А. Войнов
 «05» 11 2019 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы
 «Повышение активной безопасности транспортного средства среднего класса за
 счёт модернизации тормозной системы»
 студенту учебной группы 163МГ31 Максимова Сергея Ивановича
 (направление 23.03.01 Технология транспортных процессов)

Наименование выполняемой работы	Срок исполнения		Отметка о выполнении
	начало	окончание	
1	2	3	4
1 Получение задания, его усвоение, беседа с руководителем. Подготовка к выполнению ВКР.	05.07.19	07.10.19	
2 Подбор и изучение рекомендованной литературы.	08.10.19	11.10.19	
3 Анализ существующих систем активной безопасности	12.10.19	29.10.19	
4. Анализ дорожно-транспортных происшествий: виды и причины	30.10.19	15.11.19	
5 Разработка системы активной безопасности транспортного средства	16.11.19	29.11.19	
6. Конструкция модернизированной тормозной системы транспортного средства	30.11.19	09.12.19	
7. Алгоритм работы системы активной безопасности транспортного средства	10.12.19	13.12.19	
8 Экономическое обоснование предлагаемых мероприятий.	14.12.19	29.12.19	
9 Оформление пояснительной записки, схем и рисунков.	29.12.19	08.01.20	
10 Представление пояснительной записки и графической части руководителю на просмотр и подготовка к предварительной защите.	08.01.20	09.01.20	
11 Предварительная защита ВКР	09.01.20	10.01.20	

1	2	3	4
12 Представление ВКР нормоконтролёру	10.01.20	11.01.20	
13 Представление пояснительной записки и графической части руководителю на просмотр и подпись.	11.01.20	12.01.20	
14 Полное завершение всех работ и представление зав. кафедрой на подпись пояснительной записки (совместно с графической частью и отзывом руководителя).	12.01.20	22.01.20	
15 Защита выпускной квалификационной работы		01.02.20	

Студент учебной группы 163МГ31  С.И.Максимов
05 июля 2019 г.

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Максимов Сергей Иванович
Подразделение	ПГУ ПИ кафедры "Транспортные машины"
Тип работы	Выпускная квалификационная работа
Название работы	Максимов С.И. Повышение активной безопасности транспортного средства среднего класса за счет модернизации тормозной системы

Название файла 23.03.01 ВКРБ Максимов-2020.pdf

Процент заимствования 17.60 %

Процент самоцитирования 0.00 %

Процент цитирования 1.22 %

Процент оригинальности 81.18 %

12:09:52 29 января 2020г.

Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска переводных заимствований; Модуль поиска переводных заимствований по eLibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по Wiley заимствований по интернет (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по Wiley (RuEn); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция GARANT; Модуль поиска Интернет; Коллекция Медицина; Модуль поиска реферирования eLIBRARY.RU; Модуль поиска реферизирований Интернет; Коллекция Патенты; Модуль поиска "ПГУ"; Модуль поиска общепотребительных выражений; Кольцо вузов; Коллекция Wiley

Работу проверил

Войнов Александр Александрович

ФИО проверяющего

Дата подписи

29.01.2020

Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ
КАФЕДРА «ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ»

ОТЗЫВ
на дипломный проект

студента *Максимова Сергея Ивановича*

специальность 23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Тема проекта: *Повышение активной безопасности транспортного средства среднего класса за счет модернизации тормозной системы*

Выпускная квалификационная работа студента *Максимова Сергея Ивановича* посвящена актуальной теме – безопасности дорожного движения. Автором проведены работы по разработке конструкции модернизированной тормозной системы для повышения активной безопасности транспортного средства с целью снижения вероятности возникновения ДТП.

Необходимо отметить оригинальность конструкции привода тормоза позволяющего не только органично вписаться в штатное место автомобиля, но и обеспечивать торможение транспортного средства без вмешательства водителя с одной стороны и с другой стороны не противодействовать водителю при управлении транспортным средством в процессе торможения.

Проведен расчет тормозной системы для автомобиля среднего класса. В достаточном объеме выполнены разделы по конструкции транспортного средства и экономической части.

Все расчеты и чертежи выполнены грамотно, на высоком техническом уровне в соответствии с действующим ГОСТ ЕСКД.

Необходимо отметить хороший уровень качества дипломного проекта выполненного Максимовым С.И.

Считаю, что выпускная квалификационная работа студента гр. 163МГ31 *Максимова Сергея Ивановича* является достаточно подробной и содержательной, отвечающей требованиям специальности 23.03.01, заслуживает положительной оценки, а её автор достоин присвоения квалификации бакалавр по специальности 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

Руководитель проекта

к.т.н., доцент

«20» февраля 2020 г.

А.А. Войнов

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра
(наименование)

«Транспортные машины»
(наименование)

Направление подготовки

23.03.01 «Технология транспортных
процессов»

(код и наименование)

Профиль

«Организация и безопасность движения»
(наименование)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на тему

Повышение активной безопасности транспортного средства
среднего класса за счет модернизации тормозной системы

Студент

(подпись, дата)

Максимов Сергей
Иванович
(фио полностью)

Руководитель работы:

к.т.н., доцент

(подпись, дата)

Войнов А.А.
(фамилия, инициалы)

Нормоконтролер: к.т.н., доцент

(подпись, дата)

Каледа В.Н.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от _____ № _____)

Заведующий кафедрой: д.т.н.,

профессор

(подпись, дата)

Салмин В.В.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой _____ (протокол заседания ГЭК
от _____ № _____)

Секретарь ГЭК: к.т.н., доцент

(подпись, дата)

Жук А.П.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2020

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА «ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой ТМ
д.т.н., проф. _____ В.В. Салмин
подпись
« ____ » _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

Студенту гр. 163МГ31 Политехнического института, заочной формы обучения по направлению 23.03.01 Технология транспортных процессов

Максимову Сергею Ивановичу

Научный руководитель работы: *к.т.н., доцент кафедры «ТМ» А.А.Войнов*

Время выполнения выпускной квалификационной работы: *с 23.12.2019 г. по 01.02.2020 г.*

Место преддипломной практики: *МКУ «Департамент ЖКХ г. Пензы»*

Тема работы: *«Повышение активной безопасности транспортного средства среднего класса за счёт модернизации тормозной системы»*

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 1283/о от 28 ноября 2019 г.

Техническое задание на работу (назначение устройства, условия применения, внешние воздействия, специальные требования и т. п.): *разработать проект организации движения на данном перекрестке с разработкой необходимых мероприятий.*

Объём и содержание основной части работы

Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований, описаний):

- *введение с обоснованием актуальности темы исследования, постановкой цели и задач исследования – 1 – 2 страницы;*
- *теоретический анализ проблемы во взаимосвязи с поставленной целью и задачами, обоснование применяемых методов исследования – 10 – 20 страниц;*
- *разработка системы повышающей активную безопасность транспортного средства; 20 – 30 страниц;*
- *экономический раздел – обоснование реальных затрат на реализацию предложенных мероприятий 10 – 20 страниц;*

– заключение – выводы и обоснования по реализации разработанного комплекса мероприятий – 1-2 страницы.

Графическая часть (перечень и содержание чертежей, плакатов)

– цели и задачи выпускной работы	I	1л A1
– статистика ДТП		1л A1
– система активной безопасности транспортного средства		1л A1
– общий вид тормозной системы		1л A1
– сборочный чертёж модернизированной тормозной системы		1л A1
– сборочный чертёж электромагнитной катушки		1л A2
– бортовое оборудование		1л A1
– алгоритм работы системы активной безопасности		1л A1
– датчики контроля системы активной безопасности		1л A1

Рекомендуемая литература:

1 ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного

движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [Текст]. – Введ. 2006–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 95 с.

2. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения:

уч. для вузов/ Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев.- М.:

ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.

3. Организация и безопасность движения: метод. Указания по

преддипломной практике и дипломному проектированию. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. – 40 с.

Дата выдачи задания: 05.07.2019 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы:

к.т.н, доцент каф. «ТМ»

_____ А.А. Войнов

Задание к исполнению принял студент

гр. 163МГ31_____С.И. Максимов

05 июля 2019 г.

**ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА «ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ»**

«Утверждаю»

Руководитель ВКР

к.т.н., доцент _____ А.А. Войнов

подпись

«____» _____ 2019 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

«Повышение активной безопасности транспортного средства среднего класса за счёт модернизации тормозной системы»

студенту учебной группы 163МГ31 Максимова Сергея Ивановича

(направление 23.03.01 Технология транспортных процессов)

Наименование выполняемой работы	Срок исполнения		Отметка о выполнении
	начало	окончание	
1	2	3	4
1 Получение задания, его уяснение, беседа с руководителем. Подготовка к выполнению ВКР.	05.07.19	07.10.19	
2 Подбор и изучение рекомендованной литературы.	08.10.19	11.10.19	
3 Анализ существующих систем активной безопасности	12.10.19	29.10.19	
4.Анализ дорожно-транспортных происшествий: виды и причины	30.10.19	15.11.19	
5 Разработка системы активной безопасности	16.11.19	29.11.19	

транспортного средства			
6.Конструкция модернизированной тормозной системы транспортного средства	30.11.19	09.12.19	
7. Алгоритм работы системы активной безопасности транспортного средства	10.12.19	13.12.19	
8 Экономическое обоснование предлагаемых мероприятий.	14.12.19	29.12.19	

1	2	3	4
9 Оформление пояснительной записки, схем и рисунков.	29.12.19	08.01.20	
10 Представление пояснительной записки и графической части руководителю на просмотр и подготовка к предварительной защите.	08.01.20	09.01.20	
11 Предварительная защита ВКР	09.01.20	10.01.20	
12 Представление ВКР нормоконтролёру	10.01.20	11.01.20	
13 Представление пояснительной записки и графической части руководителю на просмотр и подпись.	11.01.20	12.01.20	
14 Полное завершение всех работ и представление зав. кафедрой на подпись пояснительной записки (совместно с графической частью и отзывом руководителя).	12.01.20	22.01.20	
15 Защита выпускной квалификационной работы		01.02.20	

Студент учебной группы 163МГ31 _____

С.И.Максимов

05 июля 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение

1	Состояние вопроса.....	
1.1	Антиблокировочная система ABS.....	
1.2	Система распределения тормозных сил (EBD).....	
1.3	Антипробуксовочная система (TCS).....	
1.4	Система помощи при торможении.....	
1.5	Система курсовой устойчивости.....	
1.6	Система адаптивного круиз-контроля.....	
1.7	Система мониторинга слепых зон.....	
1.8	Система City Safety.....	
2	Разработка конструкции модернизированной тормозной системой.....	
2.1	Анализ аварийности.....	
2.2	Требования, предъявляемые к тормозной системе.....	
2.3	Тормозной путь: понятие, определение, расчет.....	
2.4	Система мониторинга ГЛОНАСС.....	
2.5	Адаптивная система тормозов: состав, алгоритм работы.....	
2.6	Контрольно-измерительные приборы адаптивной системы тормозов....	
2.6.1	Акселерометр.....	
2.6.2	Ультразвуковой измеритель расстояния.....	
3	Конструкторский раздел.....	

3.1 Расчет тормозной системы для автомобиля среднего класса.....	
3.2 Расчет осей на прочность.....	
3.3 Расчет пружины накатного устройства.....	
3.4 Расчет пружины демпфера.....	
3.5 Расчет электромагнитных параметров.....	
4 Экономический раздел.....	
4.1 Заработная плата разработчиков.....	
4.2 Единый социальный налог.....	
4.3 Прогнозная оценка себестоимости массового производства проектируемого узла.....	
Заключение.....	
Список использованных источников.....	
Приложение А (чертежи и плакаты).....	

Введение

Настоящее время характеризуется стремительным развитием производительных сил общества. Данный процесс, имея поистине глобальные масштабы, сопровождается, в том числе, интенсивным развитием транспорта.

Среди множества видов транспортных средств современности ведущее место занимает автомобиль. Данный вид транспорта наиболее распространен, потому что отличается высокими скоростями движения, комфортабельностью, проходимостью и технологичностью в условиях массового производства. Автомобили оказали большое влияние на жизнь общества. Помимо выполнения своей прямой (транспортной) функции, он в значительной мере определяет структуру промышленности, изменяет профессиональную ориентацию в обществе, в определенной степени формирует психологию людей, моды, нравы.

Однако огромная популярность автомобиля в настоящее время имеет и теневые стороны. Одной из важнейших проблем, связанных с автомобилями, являются проблемы обеспечения безопасности движения на дорогах.

Безопасность дорожного движения зависит от многих факторов и является комплексной проблемой. Известными направлениями для решения проблем безопасности движения являются: дорожное строительство (прокладка дорог с раздельными потоками движения и пересечениями на разных уровнях, использование материалов покрытий с высокими сцепными свойствами); организация движения (введение одностороннего движения, дальнейшее распространение светофоров, указателей, информационных табло и т. д.); повышение квалификации водителя и совершенствование конструкции автомобиля. Последнее в первую очередь касается улучшений, направленных на повышение активной безопасности — свойства системы водитель — автомобиль — дорога предотвращать дорожно-транспортные происшествия.

Активная безопасность определяется: способностью водителя выполнить оценку дорожной ситуации и выбрать безопасный режим движения и возможностью транспортного средства реализовать желаемый безопасный

режим движения. Первое зависит от самого водителя, а второе – от уровня эксплуатационных характеристик транспортного средства, таких как управляемость, устойчивость, тормозная эффективность.

Поскольку рабочая тормозная система современных автомобилей создается с возможностью блокировать колеса даже на сухом бетоне, при торможении существует опасность заноса автомобиля, а для автопоезда – складывания.

Для отечественных условий, характеризующихся климатическим разнообразием и недостаточным благоустройством дорожной сети, обеспечение устойчивости автотранспортных средств при торможении особенно актуально. Для снижения риска потери устойчивости при торможении юзом и при этом сохранить возможность торможения с максимальной для данных условий интенсивностью рабочая тормозная система автотранспортных средств проектируется с предписываемым распределением тормозных сил по осям.

Требуется, в частности, опережающее блокирование передних колес на всех дорогах для легковых автомобилей и на скользких дорогах - для прочих автотранспортных средств. Но диапазон условий эксплуатации автомобилей настолько широк, что создать рабочую тормозную систему удастся лишь введением в конструкцию рабочей тормозной системы устройств, корректирующих распределение тормозных сил в зависимости от конкретных условий торможения.

Такие устройства, называемые регуляторами тормозных сил, получили широкое распространение, особенно на автомобилях со значительной разницей статических и динамических нормальных нагрузок (короткобазных, с высоким расположением центра масс).

В выпускной квалификационной работе предлагается конструкция адаптивной тормозной системы автомобиля, включающая в себя электромагнитный исполнительный механизм.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Современное ТС является сложным механизмом. Этот механизм состоит из множества различных систем, которые облегчают водителю управление автомобилем и повышают его безопасность.

Современные ТС оснащаются системами пассивной и активной защиты пассажиров во время аварии.

Активная система безопасности – различные системы защиты водителя и пассажиров во время аварии. В момент когда происходит столкновение автомобиля данные системы не дают бесконтрольно перемещаться водителю и пассажирам по салону, предохраняя тем самым их травмирования о детали кузова и салона.

Системы безопасности состоят из:

- система электронного управления;
- система ремней безопасности;
- система подушек безопасности;
- автоматическая система защиты при опрокидывании.

Система электронного управления включает в себя датчики движения и блока управления. При столкновении датчики движения (удара) реагируют на замедление.

Проанализировав сведения измерителей, источник управления осуществляет контроль работы всей системы (в нужный момент активирует подушки, преднатяжители ремней и т.п.). Блок управления как правило находится в более защищенном участке автомобиля – в области рычага управления коробкой передач.

Самыми популярными и часто встречающимися системами активной безопасности являются:

- антиблокировочная система тормозов;
- антипробуксовочная система;

- система курсовой устойчивости;
- система распределения тормозных усилий;
- система экстренного торможения;
- электронная блокировка дифференциала.

Перечисленные системы активной безопасности конструктивно связаны и тесно взаимодействуют с тормозной системой автомобиля и значительно повышают ее эффективность.

1.1 Антиблокировочная система ABS

Устройства активной безопасности появились приблизительно с конца 1970-х как антиблокировочная система тормозов (Anti-lock Brake System – ABS).

Последняя при экстренном торможении обеспечивает возможность объезда препятствий с более высокой степенью безопасности, в том числе и при экстренном торможении и сокращение тормозного пути с сохранением устойчивости и управляемости автомобиля.

Гидроэлектронный блок управления (ГЭБУ) антиблокировочной системы получает информацию о скорости и направлении движения автомобиля, а также о дорожных условиях от датчиков скорости вращения колес.

На основании полученной информации блок управления просчитывает оптимальный режим торможения колес. Сейчас существует множество разработок антиблокировочных систем, но все они подразделяются на: двухканальные, трехканальные и четырехканальные.

Двухканальные АБС имеют в комплекте три датчика, которые устанавливаются на передние колеса и на ведущую шестерню на главной передаче. Они способны регулировать тормозное усилие только попарно, на каждой оси. Трехканальные имеют возможность регулировать давление в тормозных механизмах передних колес по отдельности. Самые дорогие –

четырёхканальные АБС имеют четыре датчика, по одному для каждого колеса, и давление, в каждом из четырех тормозных механизмов, устанавливают индивидуально.

Прочие опции из «тормозной» серии задействуют узлы той же АБС и дополнительные программы в блоке управления.

1.2 Система распределения тормозных сил (EBD)

Система распределения тормозных сил (Electronic Brakeforce Distribution-EBD) является подсистемой АБС.

Данная система обеспечивает нужную последовательность торможения колес на автомобиле, который частично загружен. Например когда передние колеса тормозят раньше задних. Такое происходит за счет управления тормозным усилием задней оси. Система заканчивает свою работу с началом блокирования передних (ведущих) колес (Рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Система распределения тормозных сил

Одновременно в работу включается система АБС. Название системы АБС практически везде одинаковое, за исключением немецких производителей автомобилей. Они используют собственную аббревиатуру EBV (Elektronische Bremskraftverteilung).

Если в автомобиле есть система распределения тормозных сил, то тормозное усилие поддерживается близким к оптимальному значению и регулируется электронной системой. Это дает возможность системе обходиться без обычного регулятора давления, потому что регулятор давления является механическим устройством, его возможности ограничены с точки зрения достижения идеального распределения тормозных сил между передними и задними колесами, а также гибкого распределения тормозных сил в зависимости от степени загрузки автомобиля. Кроме того, неисправность механического регулятора давления водителем, как правило, не обнаруживается. Электронная система распределения тормозных сил (EBD) управляется блоком управления ABS. Во время движения автомобиля система распределения тормозных сил всегда определяет степень проскальзывания каждого из колес автомобиля и устанавливает давление рабочей жидкости в тормозных механизмах задних колес таким образом, чтобы оно превышало давление в тормозных механизмах передних колес.

1.3 Антипробуксовочная система (TCS)

Антипробуксовочная система осуществляет предотвращение срыва колес в ситуацию, когда они начинают скользить, также снижает нагрузки на элементы трансмиссии на участке дороги с неоднородным покрытием. Ведущие колеса сначала начинают притормаживать, затем, если этого недостаточно, ограничивается подача топливной смеси в двигатель и, таким образом, уменьшается вращение ведущих колес соответственно. В зависимости от производителя антипробуксовочная система имеет разные названия. Ниже представлены наименования антипробуксовочной системы в зависимости от производителя:

– система ASR (Automatic Slip Regulation, Acceleration Slip Regulation) на автомобилях Mercedes, Volkswagen, Audi и др.;

- система ASC (Anti-Slip Control) на автомобилях BMW;
- система A-TRAC (Active Traction Control) на автомобилях Toyota;
- система DSA (Dynamic Safety) на автомобилях Opel;
- система DTC (Dynamic Traction Control) на автомобилях BMW;
- система ETC (Electronic Traction Control) на автомобилях Range Rover;
- система ETS (Electronic Traction System) на автомобилях Mercedes;
- система STC (System Traction Control) на автомобилях Volvo;
- система TCS (Traction Control System) на автомобилях Honda;
- система TRC (Traking Control) на автомобилях Toyota.

Хоть противобуксовочные системы имеют разные названия, но во многом они похожи, поэтому рассмотрены на примере одной из самых распространенных систем – системы ASR. Антипробуксовочная система ASR построена на конструктивной основе антиблокировочной системы тормозов. В ней также реализована функция электронной блокировки дифференциала.

Кардинальным отличием антипробуксовочной системы является возможность управления мощностью двигателя.

Для осуществления противобуксовочных функций в системе используется насос обратной подачи и дополнительные электромагнитные клапаны в гидравлическом блоке ABS на каждое из ведущих колес:

- переключающий клапан;
- клапан высокого давления.

Программное обеспечение, включенное в блок управления ABS, дает возможность управления системой ASR. Блок управления ABS/ASR во время работы всегда взаимодействует с блоком управления системой управления двигателем.

1.3.1 Принцип работы антипробуксовочной системы

Антипробуксовочная система предназначена для предупреждения пробуксовки колес во всем диапазоне скоростей автомобиля:

- при небольших скоростях движения система обеспечивает передачу крутящего момента за счет подтормаживания ведущих колес;
- когда скорость выше 80 км/ч усилия регулируются за счет уменьшения передаваемого от двигателя крутящего момента.

На основании сигналов датчиков угловых скоростей колес блок управления ABS/ASR определяет следующие характеристики:

- угловое ускорение ведущих колес;
- скорость движения автомобиля (на основании угловой скорости неведущих колес);
- характер движения автомобиля – прямолинейное или криволинейное (на основании сравнения угловых скоростей неведущих колес);
- величину проскальзывания ведущих колес (на основании разницы угловых скоростей ведущих и неведущих колес).

Текущее показание эксплуатационных характеристик контролирует давление в тормозной системе или управляет крутящим моментом двигателя.

Тормозное давление управляется циклически. Рабочий цикл имеет три фазы:

- фаза сброса давления;
- фаза удержания давления;
- фаза увеличения давления.

Крутящий момент двигателя управляется во время взаимодействия с системой управления двигателем. На основании информации о проскальзывании ведущих колес, которая приходит от датчиков угловой скорости колес, и фактической величине крутящего момента, получаемой от блока управления двигателем, блок управления противобуксовочной системы вычисляет

величину необходимого крутящего момента. Данная информация передается в блок управления системы управления двигателем и реализуется с помощью следующих действий:

- ограничение впрыскиваний топлива в системе впрыска;
- изменение положения дроссельной заслонки;
- в системе зажигания пропуск импульсов зажигания или изменения угла опережения зажигания;
- отмена переключения передачи в автомобилях с автоматической коробкой передач.

Когда срабатывает противобуксовочная система, загорается контрольная лампа на панели приборов. Система имеет возможность отключения.

1.4 Система помощи при торможении (brakeassist – BA; варианты сокращений: BAS, PA, PABS).

Гидравлический brakeassist при помощи электроника распознает о процессе аварийного торможения по скорости движения педали и давлению на педаль. Если было использовано аварийное торможение, то давление в системе тормозного привода в течение миллисекунд автоматически значительно увеличивается, т.е. уменьшается время на срабатывание тормоза машины в ситуациях, когда все решают мгновенья. Электронная система управления давлением в гидравлической системе тормозов, в случае необходимости экстренного торможения может самостоятельно повышает давление в тормозной магистрали, делая это быстрее, чем человек.

При этом у водителей-новичков уменьшается время для реакции даже в случае максимальной задержки на границе блокирования колес. Электроника управляет экстренным торможением и останавливает автомобиль в максимально короткий срок значительно сокращая тормозной путь, особенно на высоких скоростях движения.

При этом обычно включается аварийная сигнализация или начинают мигать стоп-сигналы, предупреждая движущихся следом об опасности. Если не брать в расчет французов, именующих свою систему AFU (l'Aide au Freinage d'Urgence), то другие названия схожи: EBA (Emergency Brake Assist) говорят Ford, Volvo и Land Rover, BAS (Brake Assist System) – Mitsubishi, HBA (Hydraulic Brake Assist) – Alfa Romeo, а Nissan использует схожую с баскетбольной аббревиатуру NBA (Nissan Brake Assist).

1.5 Система курсовой устойчивости (electronic stability programme- ESP).

Система курсовой устойчивости является наиболее сложной комплексной системой. Она использует возможности нескольких систем и предназначена для сохранения устойчивости и управляемости автомобиля за счет заблаговременного определения и устранения критической ситуации (Рисунок 1.2).

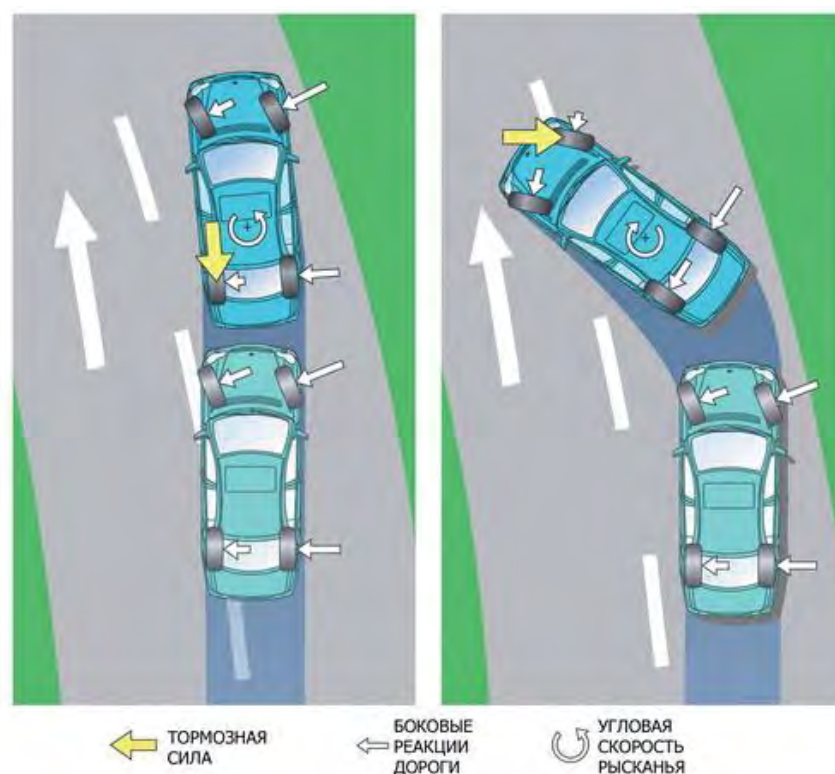


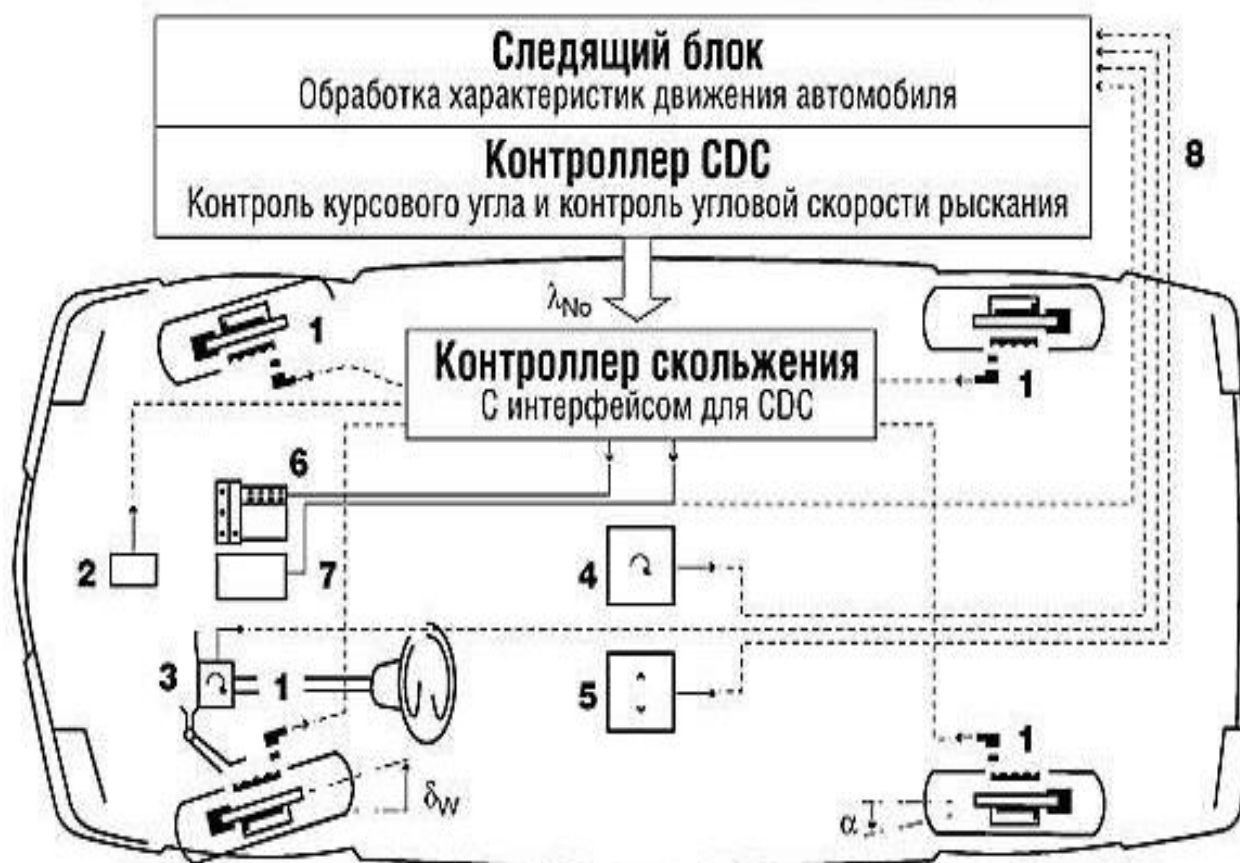
Рисунок 1.2 – Система курсовой устойчивости

Система курсовой устойчивости является системой активной безопасности более высокого уровня. Система ESP включает следующие системы:

- электронную блокировку дифференциала (EDS),
- систему распределения тормозных усилий (EBD),
- антиблокировочную систему тормозов (ABS),
- антипробуксовочную систему (ASR).

Контрольный блок получает информацию с датчиков углового ускорения автомобиля, угла поворота рулевого колеса, информацию о скорости автомобиля и вращении каждого из колес. Система анализирует эти данные и рассчитывает траекторию движения, а в случае, если в поворотах или маневрах реальная скорость не совпадает с расчетной и автомобиль "выносит" наружу или внутрь поворота, корректирует траекторию движения, подтормаживая колеса и снижая тягу двигателя.

Функция ESP (ElectronicStabilityProgramm) – это система стабилизации движения или курсовой устойчивости. Появилась она в середине 90-х, а первое признание получила в 1997 году после того, как ее использование помогло решить проблему устойчивости Mercedes A-Klasse. Система стабилизации движения (Рисунок 1.3) срабатывает в опасных ситуациях, когда возможна или уже произошла потеря управляемости автомобилем.



- 1 – датчик скорости вращения колеса; 2 – датчик давления в тормозной системе;
- 3 – датчик положения рулевого колеса; 4 – датчик угловой скорости; 5 – датчик поперечного ускорения; 6 – модулятор давления; 7 – управление работой двигателя; 8 – сигналы датчика для СДС

Рисунок 1.3 – Схема управления системой стабилизации

В момент, когда происходит притормаживание отдельных колес, система нормализует движение автомобиля.

Ее работа начинается в тот момент, когда, например, из-за большой скорости при прохождении правого поворота передние колеса начинают сносить с заданной траектории в направлении действия сил инерции, т.е. по радиусу большему, чем радиус поворота. ESP в этом случае притормаживает заднее колесо, идущее по внутреннему радиусу поворота, придавая автомобилю большую поворачиваемость и направляя его в поворот. В один момент с притормаживанием колес ESP снижает обороты двигателя. Если при

прохождении поворота происходит занос задней части автомобиля, ESP активизирует тормоз левого переднего колеса, идущего по наружному радиусу поворота. Таким образом, появляется момент противовращения, исключающий боковой занос. Когда скользят все четыре колеса, ESP самостоятельно решает, тормозные механизмы каких колес должны вступить в работу. Время реакции ESP - 20 миллисекунд. Работает система на любых скоростях и в любых режимах движения.

Данная система пока является наиболее эффективной системой безопасности. Когда контроль над автомобилем уже потерян, она может компенсировать ошибки водителя, полностью избегая или только исключая занос.

Схема работы системы esp. Слева: в поворот автомобиль входит со сносом. Обнаруживая это, система подтормаживает левое заднее колесо, стабилизируя движение машины. Справа: в повороте автомобиль заносит. Стабилизация осуществляется за счет приложения дополнительной тормозной силы к правому переднему колесу.

На основании сигналов, поступающих от датчиков, электронная система курсовой устойчивости (другое наименование - система динамической стабилизации - СДС) активирует соответствующие системы безопасности и управляет их работой.

1.6 Система адаптивного круиз-контроля (AdaptiveCruiseControl)

Новое поколение активных систем безопасности умеет не только чувствовать, получая информацию от различных датчиков, но и видеть обстановку камерами и радарам.

Система адаптивного круиз-контроля (Рисунок 1.4) предназначена для поддержания скорости и безопасной дистанции при движении автомобиля.



Рисунок 1.4 – Система адаптивного круиз-контроля

Адаптивный круиз-контроль является дальнейшим усовершенствованием системы круиз-контроля. Известной конструкцией адаптивного круиз-контроля является система Distronic.

Система адаптивного круиз-контроля имеет следующее устройство:

- ультразвуковой датчик;
- блок управления.

Ультразвуковой датчик служит для измерения скорости и расстояния до впереди идущего автомобиля. Скорость впереди идущего автомобиля оценивается по изменению частоты волны, которая отражена, а расстояние до машины - по времени возвращения сигнала. Установленные параметры преобразуются в электрические сигналы и передаются в блок управления.

Такой датчик можно установить решетке радиатора или на переднем бампере автомобиля. Обычно радиус действия ультразвукового датчика составляет порядка 148 м. В современной системе Distronic используется ультразвуковых датчики дальнего и ближнего действия. Это помогает расширять функциональные возможности системы и позволяет ее использовать при движении автомобиля с малой скоростью на небольшой дистанции (например, при движении в "пробках").

Электронный блок управления принимает сигналы от датчика. Программное обеспечение, установленное в блоке, сравнивает фактические параметры движения с заданными и формирует управляющие сигналы по

изменению скорости. Сигналы передаются в блок управления системы курсовой устойчивости, который осуществляет замедление или ускорение автомобиля.

Работа системы адаптивного круиз-контроля осуществляется в диапазоне скоростей от 30 до 180 км/ч (для системы DISTRONIC - от 0 до 200 км/ч).

Адаптивный круиз-контроль обеспечивает движение автомобиля в следующих режимах:

- постоянная скорость;
- ускорение;
- замедление.

При отсутствии на дороге других автомобилей, система поддерживает заданную водителем скорость. При ускорении или перестроении впереди идущего автомобиля происходит ускорение автомобиля до заданной водителем скорости. При замедлении или перестроении из соседнего ряда впереди идущего автомобиля происходит замедление автомобиля до заданной водителем дистанции. На низкой скорости замедление достигается за счет работы тормозной системы (увеличения давления тормозной жидкости в системе), на высокой скорости - за счет снижения мощности двигателя (уменьшения подачи воздуха).

1.7 Система мониторинга слепых зон

Система мониторинга слепых зон является дополнительным атрибутом активной безопасности. Некоторые автомобили уже с завода оснащены данной системой, но сейчас есть возможность отдельно приобрести данную систему и установить самому или обратиться в сервис. Она помогает следить за дорожной разметкой и обнаруживать объекты, находящиеся вне обзора водителя (Рисунок 1.5). При перестроении из ряда в ряд с выключенным указателем поворота на

моделях Audi начинает вибрировать руль (AudiLaneAssist), а на Citroen - часть подушки сиденья с соответствующей стороны (AFIL).



Рисунок 1.5 – Система мониторинга слепых зон

А в Infiniti-M электронный помощник, предотвращающий уход с полосы (LaneDeparturePrevention), даже вмешивается в управление, деликатно подтормаживая колеса то поодному, то по другому борту, не давая таким образом автомобилю покинуть занимаемый ряд.

Первой сканер слепых зон (BlindSpotInformationSystem - BLIS) применила компания Volvo. Светодиоды, интегрированные в боковые зеркала заднего вида, говорят о машине, которая находится примыкающем ряду. Но сейчас похожие приборы ставят и многие другие производители автомобилей.

1.8 Система CitySafety (PSS)

Одна из последних новинок в сфере борьбы за спокойную жизнь пешеходов и страховых компаний – система CitySafety (Рисунок 1.6) от Volvo.



Рисунок 1.6 – Система CitySafety

Для предостережения об аварии в Volvo XC60 применяется серийно устанавливаемая система контроля скорости и расстояния до фронтального автомобиля вместе с интенсивной тормозной системой.

Она обеспечивает в диапазоне скоростей от 30 км/час до 200 км/час постоянное расстояние до едущего впереди автомобиля. Она в состоянии предотвратить или, в крайнем случае, уменьшить последствия столкновения автомобилей при скорости до 30 км/час.

Нужные для работы системы данные поступают от радара, радиус воздействия которого составляет 150 км, а еще от видеокамеры ближнего действия с высочайшим разрешением. Система умеет автономно ускорять и замедлять автомашину. В случае если шофер не откликается на вероятную трагедию, автомобиль быстро активирует тормозную систему с усилием 50 %

от наибольшей мощности тормозной системы. Система распознает не только машины, но и пешеходов, в том числе - детей ростом от 80 см.

1.9 Выводы

Проведен обзор современных систем активной безопасности автомобиля, их многообразие говорит о развитии безопасности как водителя так и пешехода. Применение таких систем на серийных автомобилях не только премиум класса, но и среднего класса, приведет к снижению аварийности и повысит показатель безопасности дорожного движения.

2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМОЙ

2.1 Анализ аварийности

Нельзя провести подробный анализ всех видов ДТП без выявления факторов и причин, которые их вызывают. Причины и различные точки зрения, которые лежат в основе ДТП, меняются по мере накопления опыта организации движения и исследовательских работ в области безопасности движения.

В большинстве стран общественное мнение и официальная статистика органов регулирования движения больше всего усматривают главную первопричину аварий в неаккуратности и ошибках водителей. Самыми частыми факторами аварий по вине водителей считаются: превышение скорости, несоблюдение дистанции, несоблюдение очередности проезда, небрежность, а также пьяное положение. По вине пешеходов – переход в неустановленном месте, ходьба по проезжей части, переход перед рядом идущим автотранспортным средством, нетрезвое состояние.

При анализе происшествия, на изначальное, кажется, что техническая неисправность не является причиной аварии. В основном главную причину ищут в нарушениях правил движения. Например, наезд на пешехода обычно объясняют превышенной скоростью или поздним применением тормозов, но ведь если бы давление в пневматическом приводе тормозов было бы большим, а тормоза отрегулированы лучше, то происшествия бы не было. Поэтому более глубокий анализ причин происшествий позволяет утверждать, что фактическое количество ДТП, вызванных техническими неисправностями, более значительно.

Наиболее опасными неисправностями, вызывающими чаще всего ДТП, являются неисправности в тормозной системе – 50%, рулевом управлении – 14%, системе освещения и сигнализации – 16%.

По материалам мировой статистики распределение причин ДТП примерно следующее:

- из-за неправильных действий человека 60 – 70%,
- из-за неудовлетворительного состояния дороги и несоответствия дорожных условий характеру движения 20 — 30 %,
- из-за технической неисправности автомобиля 10 — 15%.

Многие исследователи считают, что более 2/3 всех происшествий происходит по вине людей и только около 1/3 падает на факторы, не зависящие от их воли и деятельности.

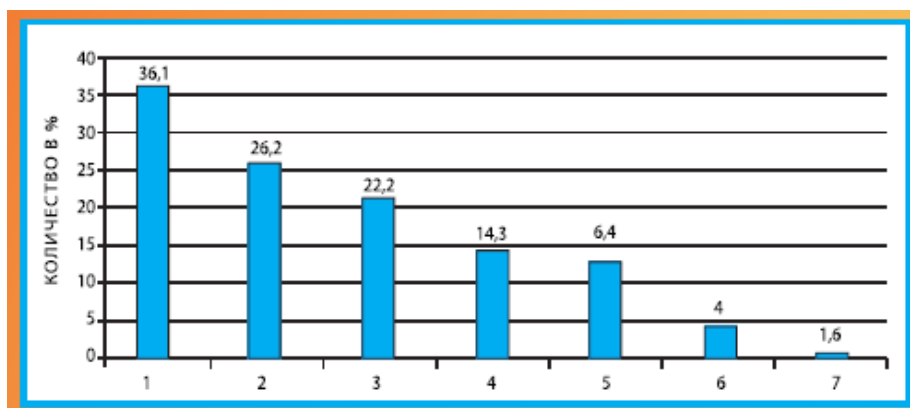
Классификация факторов и причин ДТП, которая была принята государственной автомобильной инспекцией, отражена в номенклатуре действующей системы учета. Следуя тексту данной классификации – факторы, способствующие возникновению происшествий, разделены на три большие группы: человек (водители, велосипедисты, возчики, пешеходы, пассажиры); транспортные средства; дорога, улица.

Основные причины дорожно-транспортных происшествий (ДТП)

1 Нарушение правил дорожного движения участниками дорожного движения.

2 Техническая неисправность транспортных средств (ТС).

Количество ДТП с участием неисправных ТС представлено на рисунке 2.1.



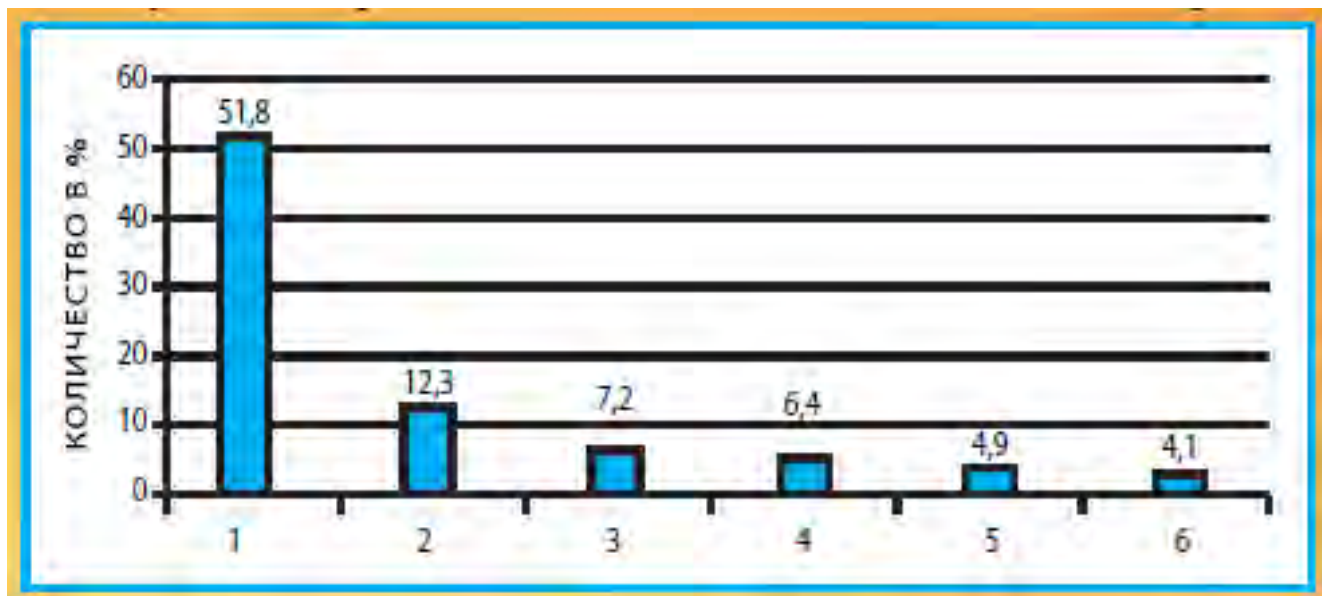
1 - неисправность тормозной системы; 2 - неисправность внешних световых приборов; 3 - неисправность сцепного устройства; 4 - износ резины колес;

5 - неисправность рулевого управления; 6 - отсоединение колеса; 7 - несоответствие шин модели ТС и др.

Рисунок 2.1 – Относительное количество ДТП по основным видам технических неисправностей ТС:

3 Неудовлетворительное состояние автомобильных дорог.

Количество ДТП, которые произошли по причине неудовлетворительного состояния автомобильных дорог представлено на рисунке 2.2.



1 - низкие сцепные качества покрытия; 2 - недостаточное или неисправное освещение дороги; 3 - неровное покрытие дорожного полотна; 4 - ограниченная видимость; 5- дефекты дорожного полотна; плохая разметка дороги и др.

Рисунок 2.2 – Относительное количество ДТП по основным видам неудовлетворительного состояния автомобильных дорог

4 Негативное воздействие природных факторов

Классификация ДТП:

- столкновение: лобовое, боковое, касательное, удар сзади;
- опрокидывание;
- наезд на: стоящее ТС, препятствие, пешехода, велосипедиста, гужевой транспорт, животное и т.д.;

– иные дорожно-транспортные происшествия

Распределение ДТП по видам аварий:

– столкновения = 38 %,

– наезды = 37 %;

– опрокидывание = 16 %,

– прочие ДТП = 9 %

2.2 Требования, предъявляемые к тормозной системе

Активная безопасность – совокупность свойств и конструктивных особенностей автомобиля, обеспечивающих снижение вероятности дорожно-транспортных происшествий.

Тормозная система является важнейшей из систем автомобиля, которая обеспечивает активную безопасность.

Основные требования к тормозной системе современного автомобиля можно сформулировать следующим образом:

– тормозная система должна в любой момент времени обеспечить максимально возможную в данных условиях эффективность торможения, т. е. остановить автомобиль с минимальным тормозным путем;

– тормозная система должна работать таким образом, чтобы при торможении она не являлась бы причиной потери автотранспортным средством устойчивости движения;

– тормозная система должна иметь повышенную надежность. Даже при отказе какого-либо ее элемента должно обеспечиваться торможение автотранспортного средства с достаточной эффективностью. Конструктивное обеспечение надежности тормозов строится на допущении того, что в тормозной системе одновременно не может произойти более одного отказа.

Тормозная система проектируемого автомобиля должна соответствовать следующим стандартам и нормативным документам:

R 13 ЕЭК ООН – требования по безопасности.

ОСТ 37.001.017-70 – Органы управления легковых автомобилей.
Безопасность конструкции и расположения. Технические требования.

ОСТ 37.001.412-85 – Тормозные системы автотранспортных средств.
Требования по безопасности.

ГОСТ 22895-77 – Тормозные системы автотранспортных средств.
Технические требования.

ГОСТ 23181-78 – Приводы тормозные гидравлические
автотранспортных средств. Общие технические требования.

Кроме того, при проектировании автомобиля возникает необходимость учитывать требования директив ЕЭС, национальных стандартов США и Швеции, отличающихся наиболее жесткими требованиями к измерителям тормозных свойств автотранспортных средств.

В соответствии с R 13 ЕЭК ООН, ГОСТ 23181-78 к гидравлическому тормозному приводу предъявляются следующие требования:

- гидравлический тормозной привод должен обеспечивать передачу энергии от ее источника к тормозным механизмам и необходимое изменение величины этой энергии в процессе ее передачи с целью регулирования эффективности торможения автотранспортного средства;

- гидравлический тормозной привод должен обеспечивать полное растормаживание рабочей тормозной системы автотранспортного средства после снятия усилия с органа управления за время не более 0,9 с.;

- гидравлический тормозной привод должен обеспечивать торможение автотранспортного средства с эффективностью, предусмотренной ГОСТ 22895-77, при этом усилие на органе управления должно быть не менее 147 Н (15 кгс) и не более 490,5 Н (50 кгс) – для легковых автомобилей;

- в смонтированном на автотранспортном средстве гидравлическом приводе должна быть обеспечена герметичность аппаратов и соединений при давлении не менее 9,8 МПа (100 кгс/см²);

- гидравлический тормозной привод, оборудованный усилителем (усилителями), при неисправности или при выходе из строя одного из усилителей должен обеспечивать торможение автотранспортного средства с эффективностью, не ниже предписанной для запасной тормозной системы данного автотранспортного средства по ГОСТ 22895–77.

В соответствии с ГОСТ 22895-77 к тормозным системам автотранспортных средств предъявляются следующие требования:

- рабочая тормозная система должна обеспечивать уменьшение скорости и остановку автотранспортного средства независимо от его скорости, нагрузки и величин уклонов дорог, для которых оно предназначено;

- при использовании в рабочей тормозной системе других источников энергии, кроме мускульной силы водителя и вакуумных устройств, каждый контур

привода должен иметь свой источник энергии при общем источнике энергии для всей тормозной системы; при повреждении одного из контуров привода источник энергии не должен прекратить питание исправных контуров;

- запас хода органа управления рабочей тормозной системы должен обеспечивать ее работоспособность при эксплуатации и установленную эффективность с первого воздействия на орган управления.

Вакуумный усилитель тормозов, при безаварийной эксплуатации автомобиля, имеет ресурс, равный ресурсу автомобиля.

Вакуумный усилитель и его элементы должны обеспечивать надежность и безотказность работы тормозной системы в течение всего ресурса автотранспортного средства при соблюдении правил эксплуатации и обслуживания, изложенных в инструкции предприятия–изготовителя.

Гарантийный срок и гарантийная наработка вакуумного усилителя и его элементов не должны быть меньше гарантийного срока и пробега автотранспортного средства, для которого он предназначен.

Случайные срабатывания должны быть исключены.

2.3 Тормозной путь: понятие, определение, расчет

Расстояние, пройденное транспортным средством, с того момента как была обнаружена водителем опасность и до полной остановки является становочным путем.

Остановочный путь включает в себя:

- расстояние, которое прошел автомобиль за время реакции водителя;
- расстояние, которое прошел автомобиль за время срабатывания тормозной системы;
- тормозной путь.

Временем реакции водителя является время с момента обнаружения им опасности до совершения необходимых действий, таких как, например, перенос ноги на педаль тормоза, нажатие на нее.

Время реакции варьируется—от 0,2 до 1,2 с и зависит от таких факторов как навык водителя, положение его тела, рук и ног относительно органов управления автомобилем, от его психо-эмоционального состояния.

При утомлении или заболеваниях время реакции увеличивается, и моментально возрастает, если водитель находится в алкогольном или наркотическом опьянении. За это время автомобиль может пройти почти половину остановочного пути. Если заранее будете прогнозировать дорожные ситуации, а так же правильно оценивать ситуации на дороге, в тех местах, где возможна опасность заранее перенесете ногу с газа на педаль тормоза, то сэкономите 0,2 – 0,3 с – в условиях дорожного движения это очень много.

Следует так же не забывать, что в темное время суток и в условиях недостаточной видимости (видимость дороги менее 300 м в условиях дождя, тумана, сумерек и т.п.) скорость встречных автомобилей воспринимается гораздо ниже, а расстояние до них кажется большим, чем есть на самом деле.

Время срабатывания тормозной системы – это время с момента нажатия на педаль тормоза до приведения в действие тормозного устройства. Зависит от качества и состояния тормозной системы, обычно принимается равным 0,2 с.

Тормозной путь – это расстояние, проходимое транспортным средством от момента привода в действие тормозного устройства до полной остановки (Рисунок 2.3).

Тормозной путь зависит от многих факторов:

- скорость движения;
- дорожное покрытие;
- погодные условия;
- состояние колес и тормозной системы;
- способ торможения;
- вес автомобиля.

Любое руководство по эксплуатации автомобиля содержит данные по тормозному пути. Там, как правило, и указаны значения, из которых рассчитывается тормозной путь.



Рисунок 2.3 – Остановочный путь автомобиля и его составляющие

Расчет длины остановочного пути

$$S_o = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \cdot V_a + V_a / 2j, \quad (2.1)$$

где: $S_1 + S_2 + S_3 + S_4$ – пути автомобиля за промежутки времени t_1, t_2, t_3, t_4 :

t_1 – время реакции водителя, с;

t_2 – время срабатывания тормозной системы, с;

t_3 – время нарастания замедления, принимаем равным 0,3 с;

$t_4 = V_a / j - 0,5t_3$ – время полного торможения, с;

V_a – начальная скорость автомобиля, м/с;

j – установившееся замедление автомобиля при торможении:

$$j = f \cdot g, \quad (2.2)$$

где f — коэффициент продольного сцепления шин с дорогой – измеряется на месте ДТП с помощью «пятого колеса» или переносных приборов,

g – ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$.

Для простоты расчетов, принимают равным: для мокрого покрытия – 5 м/с^2 , для сухого покрытия $5,2 - 6,8 \text{ м/с}^2$.

Расчет начальной скорости транспортного средства (V_a) в зависимости от длины его тормозного следа (юза)

$$V_a = 0,5 \cdot t_3 \cdot j + \sqrt{2 \cdot S_{\text{ю}} \cdot j}, \quad (2.3)$$

где: $S_{\text{ю}}$ – длина тормозного следа (юза), м.

Расчет длины тормозного следа (юза) транспортного средства

$$S_{\text{ю}} = K_3 \cdot V_{\text{ю}} \cdot V_{\text{ю}} / (254 \cdot \varphi_c), \quad (2.4)$$

где: K_3 – тормозной коэффициент или коэффициент эксплуатационного состояния тормозов (для легковых автомобилей – 1,2; для грузовых 1,3–1,4; при скоростях движения более 90–100 км/ч принимают 2,4);

$V_{\text{ю}}$ – скорость транспортного средства в начале торможения, км/ч;

φ_c – коэффициент сцепления с дорогой:

2.4 Система мониторинга ГЛОНАСС

Спутниковые навигационные системы – это один из наиболее развивающихся и перспективных видов навигационных систем. Увеличивающаяся точность измерений параметров движения, определения местоположения искомого объекта предопределяет ход развития спутниковой навигации. Увеличивается эффективность использования систем такого рода при интегрировании их в различные измерительные задачи.

Для функционирования системы мониторинга и контроля транспорта используется сочетание навигационных и телекоммуникационных технологий. В качестве каналов передачи данных в основном используется GSM / GPRS, а в отдаленных районах, где отсутствует покрытие сотовой связи – системы спутниковой связи.

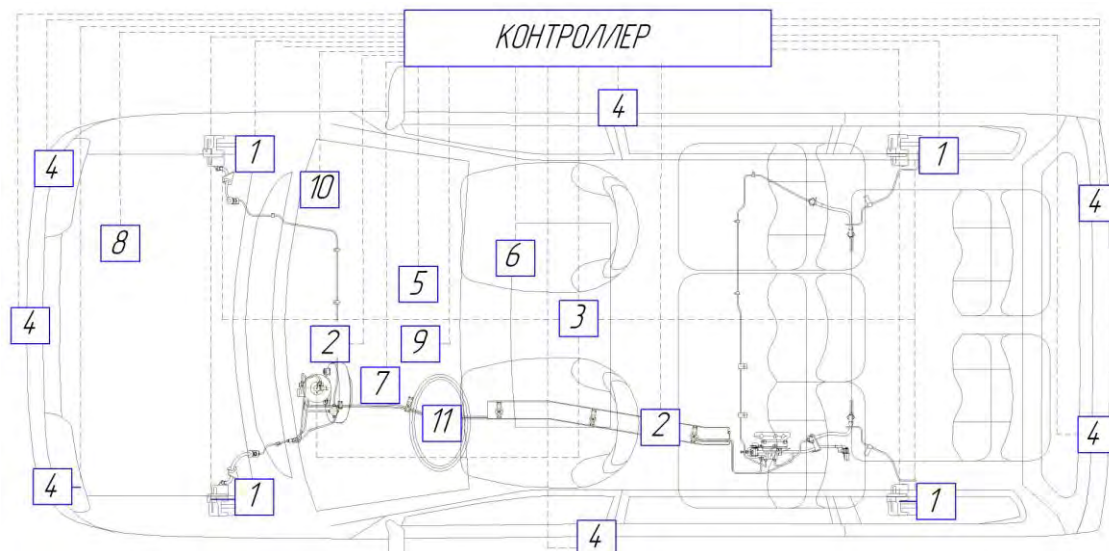
Спутниковый мониторинг транспорта используется для решения задач транспортной логистики в системах управления перевозками и автоматизированных системах управления автопарком.

Принцип работы заключается в отслеживании и анализе пространственных и временных координат транспортного средства. На транспортном средстве устанавливается мобильный модуль, состоящий из следующих частей: приемник спутниковых сигналов, модули хранения и передачи координатных данных. Полученные данные анализируются и выдаются диспетчеру в текстовом виде или с использованием картографической информации. Мобильный модуль может быть построен на основе приемников спутникового сигнала, работающих в стандартах ГЛОНАСС.

2.5 Адаптивная система тормозов: состав, алгоритм работы

Модернизированная тормозная система представляет собой взаимосвязь многих датчиков, суммарная информация с которых считывается и

анализируется контроллером. Расположение датчиков представлено на рисунке 2.4



1 – датчик скорости; 2 – датчик давления тормозной системы;
3 – антиблокировочная система ABS; 4 – ультразвуковой датчик; 5 –
акселерометр по оси X; 6 – электромагнитная катушка; 7 – акселерометр по оси
Y; 8 – блок управления двигателем; 9 – электронный блок управления, 10 –
система ГЛОНАСС; 11 – панель приборов.

Рисунок 2.4 – Расположение датчиков

Во время движения автомобиля КОНТРОЛЛЕР постоянно считывает данные с датчиков: скорости, давления в тормозной системе, антиблокировочная система ABS, ультразвукового датчика расстояния, акселерометров, блока управления двигателем и модуля спутниковой связи ГЛОНАСС (Рисунок 2.5).

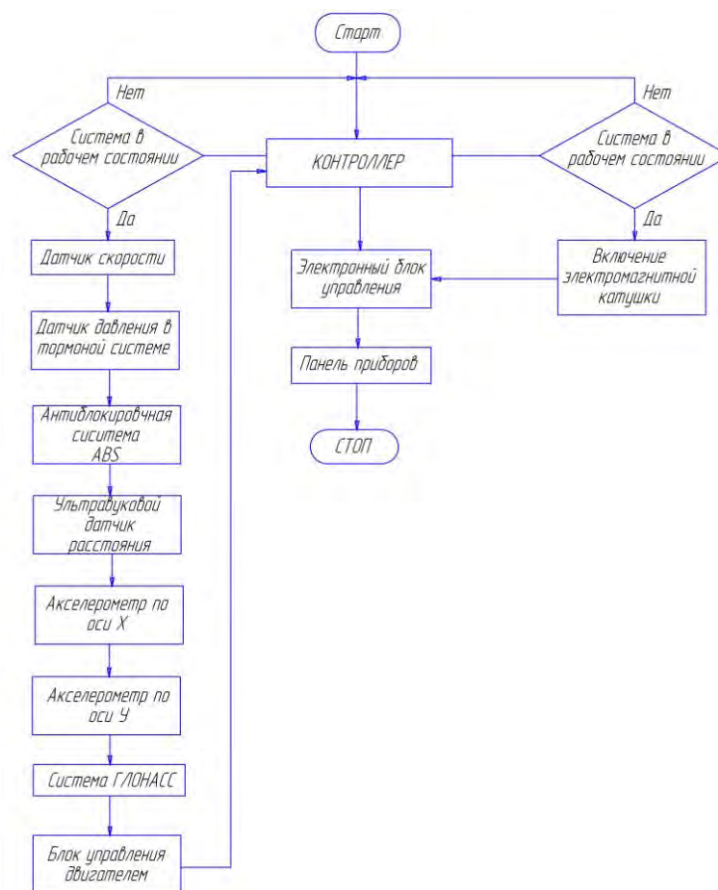


Рисунок 2.5 – Алгоритм работы модернизированной системы торможения

Наличие системы ГЛОНАСС обусловлено необходимостью координации автомобиля на дороге, а так же получении информации о возможных заторах, препятствиях, непредвиденных происшествиях. Ультразвуковые датчики во время движения постоянно сканируют зону вокруг автомобиля. В случае резкого сокращения расстояния ультразвуковые датчики сигнализируют об этом контроллеру, который, в свою очередь, отправляет запрос на акселерометры. Акселерометры анализируют полученные данные с заложенными значениями, а результат отправляют обратно на контроллер. Если ответ положительный, то происходит срабатывание системы, если же отрицательный – то все повторяется вновь, контроллер анализирует данные с датчиков.

Адаптивная система тормозов может работать в нескольких режимах:

- 1) Автоматический;
- 2) Экстренного торможения;
- 3) Ускорения;

1 Во время автоматической работы системы контроллер постоянно производит опрос датчиков скорости, давления в тормозной системе, ABS, акселерометров и ультразвуковых датчиков расстояния. Ультразвуковые датчики постоянно анализируют пространство впереди автомобиля, а акселерометр анализирует полученные данные с датчика расстояния, которые ему передает контроллер. В случае, когда датчик расстояния сообщает о сокращении дистанции, акселерометр сравнивает полученные значения – с контрольными. Если значение превосходит допустимые пределы, акселерометр передает контроллеру аварийный сигнал, а контроллер, в свою очередь, передает сигнал к исполнительному устройству – электромагнитной катушке. Катушка под действием электромагнитного поля перемещает шток вакуумного усилителя, тормозная жидкость воздействует на тормозные механизмы, заставляя автомобиль тормозить. В процессе торможения контроллер принимает сигналы от контрольного модуля ABS, тем самым согласовывая процесс экстренного торможения с антиблокировочной системой, предохраняя автомобиль от заноса. Сигнал от контроллера выводится на приборную панель, сообщая водителю о начале экстренного торможения. Экстренное торможение продолжается до полной остановки автомобиля или до момента, когда значения акселерометра станут меньше контрольных, т.е. ультразвуковые датчики будут регистрировать минимально допустимое расстояние, соответствующее текущему скоростному режиму, значения которого, заложены в памяти контроллера.

2 Контроллер работает, так же как и в автоматическом режиме, посылая запросы на датчики и получая ответы с них. Если во время работы системы с

датчика давления в тормозной системе придет сигнал о резко возрастающем давлении, контроллер выдаст сигнал на электромагнитную катушку, которая под действием магнитного поля переместит шток или поможет водителю удерживать его в нажатом состоянии. В этом случае, все события согласовываются между контроллером и антиблокировочной системой, не допуская блокировки колес, а, следовательно, и заноса автомобиля.

3 Режим ускорения отличается от автоматического режима, тем, что ультразвуковые датчики расстояния сканируют пространство рядом с автомобилем в зависимости от того, где установлен датчик. В случае резкого сокращения дистанции позади автомобиля, ультразвуковой датчик расстояния, через контроллер, подает сигнал на акселерометр, который сообщает обратно контроллеру аварийный сигнал. Контроллер опрашивает ультразвуковые датчики спереди автомобиля, и, в случае свободного пространства, подает сигнал блоку управления двигателем, который выдает команду на увеличенную подачу топлива в камеру сгорания, тем самым заставляя автомобиль ускориться.

Все выше перечисленные режимы работы адаптивной системы тормозов, так или иначе, влекут за собой полное или частичное снижение скорости. Это соответственно позволяет уменьшить последствие аварий.

2.6 Контрольно-измерительные приборы адаптивной системы тормозов

2.6.1 Акселерометр

Прибор, который измеряет проекцию кажущегося ускорения (разность между абсолютным ускорением объекта и гравитационным ускорением, точнее ускорением свободного падения) называется акселерометр. Существуют трехкомпонентные (трехосевые) акселерометры, которые позволяют измерять ускорение сразу по трем осям.

Акселерометр может применяться как для измерения проекций абсолютного линейного ускорения, так и для косвенных измерений проекции гравитационного ускорения. Последнее свойство используется для создания инклинометров. Акселерометры входят в состав инерциальных навигационных систем, где полученные с их помощью измерения интегрируют, получая инерциальную скорость и координаты носителя, при регистрации амплитуд выше собственной резонансной частоты можно измерять непосредственно собственную скорость акселерометра.

В игровых приставках акселерометр совместно с гироскопом используются для управления в играх без использования кнопок — путем поворотов в пространстве, встряхиваний и т. д. Так же в современных смартфонах электронные акселерометры используются повсеместно. Они применяются как шагомеры, датчики для определения положения в пространстве и т.д.

Акселерометры используют в жестких дисках для активации механизма защиты от повреждений, полученных в результате ударов, встрясок и падений. Акселерометр реагирует на внезапное изменение положения устройства и паркует головки жесткого диска, что позволяет предотвратить повреждение диска и потерю данных. Такая технология защиты используется в основном в ноутбуках, нетбуках и на внешних накопителях.

Акселерометр в промышленной вибродиагностике является вибропреобразователем, измеряющим виброускорение в системах неразрушающего контроля и защиты.

2.6.1.1 Интегральные акселерометры. Общие сведения

Акселерометры представляют собой датчики линейного ускорения и в этом качестве широко используются для измерения углов наклона тел, сил инерции, ударных нагрузок и вибрации. Они находят широкое применение в

разных сферах. Например, в транспортной, в медицинской, в промышленных. Промышленность изготавливает много разновидностей акселерометров, имеющих различные принципы действия, диапазоны измерения ускорений, массу, габариты и цены. Сравнение основных типов акселерометров дано в таблице 2.1. На рисунке 2.6 показаны области, занимаемые акселерометрами различного типа на диаграмме «цена–качество».

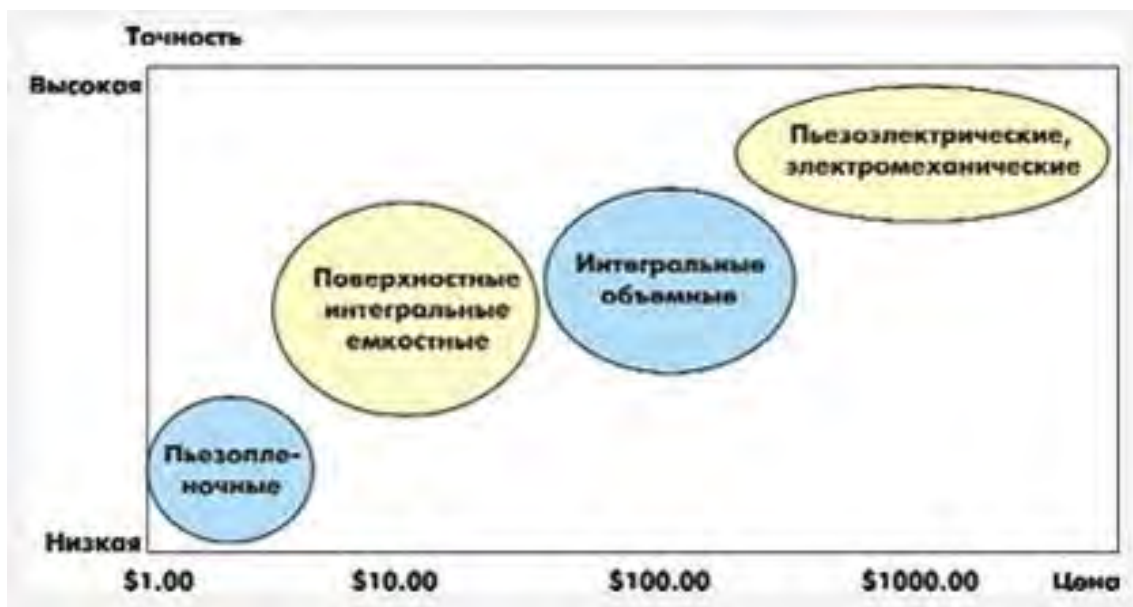


Рисунок 2.6 – Диаграмма «цена–качество» для различных типов акселерометров

Современные технологии микрообработки позволяют изготовить интегральные акселерометры, имеющие небольшие габариты и низкую цену. В настоящее время изготавливаются ИМС акселерометров трех типов: пьезопленочные, объемные и поверхностные.

2.6.1.2 Пленочные пьезоэлектрические акселерометры

Пленочные пьезоэлектрические датчики ускорения выполняются на основе многослойной пьезоэлектрической полимерной пленки. Пленка из нескольких слоев закреплена на подложке из окиси алюминия, и к ней присоединена инерционная масса из порошкового металла. При изменении

скорости движения датчика в результате действия инерционных сил происходит деформация пленки. Благодаря пьезоэффекту возникает разность потенциалов на границах слоев пленки, зависящая от ускорения. Чувствительный элемент датчика обладает очень высоким выходным сопротивлением. Из-за этого на подложке датчика АСН-01 компании AtochemSensors имеется полевой транзистор с малым током затвора, который представляет собой усилитель напряжения. Это позволяет измерять переменные ускорения со сравнительно низкой частотой. Датчики этого типа имеют плохую повторяемость характеристик в серийном производстве, высокую чувствительность к изменению температуры и давления. Они не могут контролировать постоянные ускорения и гравитационные силы. Основная область применения – схемы управления надувными подушками безопасности.

2.6.1.3 Объемные интегральные акселерометры

Примером объемного датчика может служить NAC-201/3 компании LucasNovaSensor, предназначенный для применения в системах управления надувными подушками безопасности автомобилей. Этот датчик состоит из двух пластин кремния 1 и 2, которые сплавлены друг с другом (рисунок 2.7). Три тонкие кремниевые балки с, d и e, имеющиеся в пластине 1, инерционная масса а соединена с кремниевой рамкой b на пластине 2. Эта масса соединяется с кремниевой рамкой механически с одного края (точки f на рисунок 2.7). Каждая из коротких внешних (изгибных) балок содержит пару имплантированных пьезорезисторов, образующих полумост. Два полумоста соединяются в мостовую схему.

Когда происходит столкновение автомобиля с препятствием, масса движется вниз, изгибая балки с, d, e и вызывая деформацию пьезорезисторов.

Таким образом, датчик и расположенная вне кристалла электронная схема обработки сигналов создают при работе выходной сигнал напряжением от 50 до

100 мВ полной шкалы, вызываемый деформацией пьезорезисторов, включенных по схеме моста Уитстона. (Рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Интегральный акселерометр объемной конструкции

Поскольку к надежности системы управления надувными подушками безопасности предъявляются чрезвычайные требования (представьте себе последствия ложного срабатывания подушки безопасности на оживленной автостраде при скорости 150 км/час), датчик снабжен системой самоконтроля. Ключевую роль в системе самоконтроля играет резистор-возбудитель, который нагревается пропусканием через него электрического импульса с силой тока 50 мА, напряжением 9 В и длительностью 50 мс. Когда балка, расположенная в средней части пластины 1, нагревается, происходит ее удлинение, поскольку температурный коэффициент расширения кремния положителен. А так как концы ее закреплены, она прогибается, отклоняет инерционную массу и изгибает балку, содержащую пьезорезисторы. Эта балка смещается примерно на 3 мкм в том же направлении, что и масса при столкновении автомобиля с препятствием.

Микросхема датчика не содержит схемы обработки сигнала измерительного моста. Варианты датчика отличаются тем, что NAC-203 содержит встроенные толсто пленочные схемы, позволяющие произвести лазерную подстройку чувствительности и температурной коррекции в процессе производства, а в NAC-201 реализация этих функций предоставляется пользователю. Входное и выходное сопротивления измерительного моста

Интегральные датчики ускорения объемной конструкции имеют ряд недостатков.

Во-первых, они сложны в производстве, поскольку операции формирования объемных структур не очень просто совмещаются со стандартными поверхностными интегральными технологиями.

Во-вторых, желательно иметь датчик минимально возможных размеров на схемном кристалле также минимально возможных размеров. Уменьшение размеров кристалла дает повышение его механической прочности и снижение стоимости. В то же время в датчике объемной конструкции только на размещение чувствительного элемента требуется от 6,5 до 16 мм² площади кристалла.

Размещение на кристалле схем формирования сигнала может увеличить эту площадь еще в два раза. Поэтому, в частности, один из датчиков ускорения компании Motorola имеет двухкристальную конструкцию. На одном кристалле выполнен объемный чувствительный элемент, а на другом – схема обработки сигнала.

2.6.1.4 Зарядные/пьезоэлектрические акселерометры

Пьезоэлектрические акселерометры используют в своей основе пьезоэлектрические материалы, которые могут индуцировать электрический заряд на своей поверхности. Так же они используют пружинно-массовую систему, которая генерирует силу, которая эквивалентна амплитуде и частоте вибрации. Сгенерированная сила, прикладывается к пьезоэлектрическому элементу. Тот в свое время создает на своих выходах заряд, который пропорционален вибрационному перемещению.

Некоторые пьезоэлектрические акселерометры имеют уникальную конструкция пьезоэлектрических акселерометров. Например, компания Brüel&Kjær производит такие пьезоэлектрические акселерометры, которые

позволяют обеспечивать одновременно высокий сейсмический резонанс и прочность. Подобные акселерометры являются универсальными акселерометрами общего назначения. Их исключительные высокочастотные характеристики также идеально подходят для измерения высокочастотных вибраций: например, при анализе шума редуктора или мониторинге турбины высокоскоростного ротационного оборудования. Они способны работать при экстремальных температурах, но их отличает

низкая выходная чувствительность (что характерно для конструкции пружинно-массового датчика). Поскольку большинство высокочастотных акселерометров являются недемпфированными, высокочастотные гармоники конструкции могут вызвать «звон» акселерометра и привести к перегрузке в последующих электронных схемах. Поэтому резонансная частота акселерометра должна быть достаточно высокой, чтобы быть выше высокочастотных сигналов, присутствующих в конструкции.

2.6.1.5 IERE-акселерометры

IERE-акселерометры – это пьезоэлектрические акселерометры с интегральными предусилителями. Они способны выдавать в линии питания выходной сигнал в виде модуляции напряжения. IERE-акселерометры компании Brüel&Kjær специально предназначены для измерения вибраций в малых структурах (например, малогабаритных). Их хорошая чувствительность на выходе, качественное отношение сигнал/шум и широкая полоса пропускания дают возможность применять эти акселерометры и как устройства общего назначения для того, чтобы проводить измерения высокочастотных вибраций. Недорогие по стоимости и легкие повесу данные акселерометры являются инструментами с очень хорошими рабочими характеристиками, имеющими более высокую выходную чувствительность, чем обычные пьезоэлектрические акселерометры (без интегральных предусилителей). Они защищены от

загрязнений окружающей среды путем их герметизации, невосприимчивы к электромагнитному излучению на радиочастотах и низкое выходное полное сопротивление благодаря внешнему источнику постоянного тока. Выход с низким импедансом позволяет использовать недорогие коаксиальные кабели. ПЕРЕ-акселерометры являются недемпфированными высокочастотными акселерометрами. При их использовании следует принимать меры, чтобы избежать «звона» акселерометра и возникновения условий перегрузки.

2.6.1.6 Пьезорезистивные акселерометры

Датчики деформации пьезорезистивных акселерометров – это устройства меняющие электрическое сопротивление пропорционально приложенному механическому напряжению.

Монолитный датчик акселерометра прочен и обладает очень хорошим соотношением сигнал/шум и имеет в себе встроенные механические ограничители. Подобные акселерометры идеальны для измерений перемещения, низкочастотной вибрации и ударного воздействия. Они используются для испытаний на удар с препятствием, на флаттер, на езду по трудным дорогам, а также для биодинамических измерений, которые требуют минимальной нагрузки массы и широкой частотной характеристики.

Датчики деформации пьезорезистивных акселерометров возможно применять для ударных испытаний легких систем или конструкций, они соответствуют спецификациям SAEJ 211 для антропоморфной макетной измерительной аппаратуры. Имея частотную характеристику, которая простирается до постоянного тока, т.е. до установившегося ускорения, эти акселерометры идеально подходят для измерений длительных переходных процессов, а также кратковременных ударных воздействий. Во многих случаях чувствительность оказывается достаточно высокой и предусиления выходного сигнала не требуется. У пьезорезистивных акселерометров не создается

фазовых сдвига на низких частотах, потому что они не оказывают влияние на колебательную систему, но с другой стороны им присущи проблемы при измерениях на низких частотах, и для избавления подобного рода проблем требуется принимать специальные меры.

2.6.1.7 Акселерометры переменной емкости

В акселерометрах переменной емкости находится микродатчик переменной емкости, который создает емкостное устройство с параллельным расположением пластин. Получается датчик с реакцией на входные ускорения постоянного тока, со стабильной характеристикой демпфирования, которая приводит к максимуму частотную характеристику, и с достаточной прочностью, чтобы противостоять очень высоким ударным и ускорительным нагрузкам.

Данные low-g акселерометры идеально подходят для измерения перемещений и низкочастотных вибраций и предназначены для использования в таких областях, как мониторинг траектории, оценка конструкции самолета/автомобиля, испытания на флаттер, испытание подвесок и тормозов автомобиля.

Газовое демпфирование (gasdamping) и встроенные ограничители на выход за пределы диапазона позволяют микродатчикам акселерометра противостоять ударным и ускорительным нагрузкам, присущим типичным high-g – приложениям. При high-g – испытаниях часто происходят физические повреждения датчика. Общее правило: чем ближе акселерометр к источнику (взрывного или ударного воздействия), тем выше входной g-уровень. Также рекомендуется использовать припаянные клеммы и резиновые провода из-за их малого веса, но при установке и работе с этими нежными соединениями следует обращаться очень аккуратно.

2.6.1.8 Поверхностные интегральные акселерометры

Компания AnalogDevices изготавливает семейство акселерометров ADXLxxx поверхностной конструкции. Первым в этом семействе идет ADXL50, серийный выпуск которого был начат в 1991 г. Весь кристалл акселерометра размером 3,05 3,05 мм занят главным образом схемами формирования сигнала, которые окружают миниатюрный датчик ускорения размером 1г1 мм, расположенный в его центре.

Датчик представляет собой дифференциальную конденсаторную структуру с воздушным диэлектриком, обкладки которого вырезаны (вытравлены) из плоского куска поликремниевой пленки толщиной 2 мкм. Неподвижные обкладки этого конденсатора представляют собой простые консольные стержни, расположенные на высоте 1 мкм от поверхности кристалла в воздухе на поликремниевых столбиках-анкерах, приваренных к кристаллу на молекулярном уровне.

На рисунке 2.10 показан основной конструктивный блок элементарной ячейки датчика.

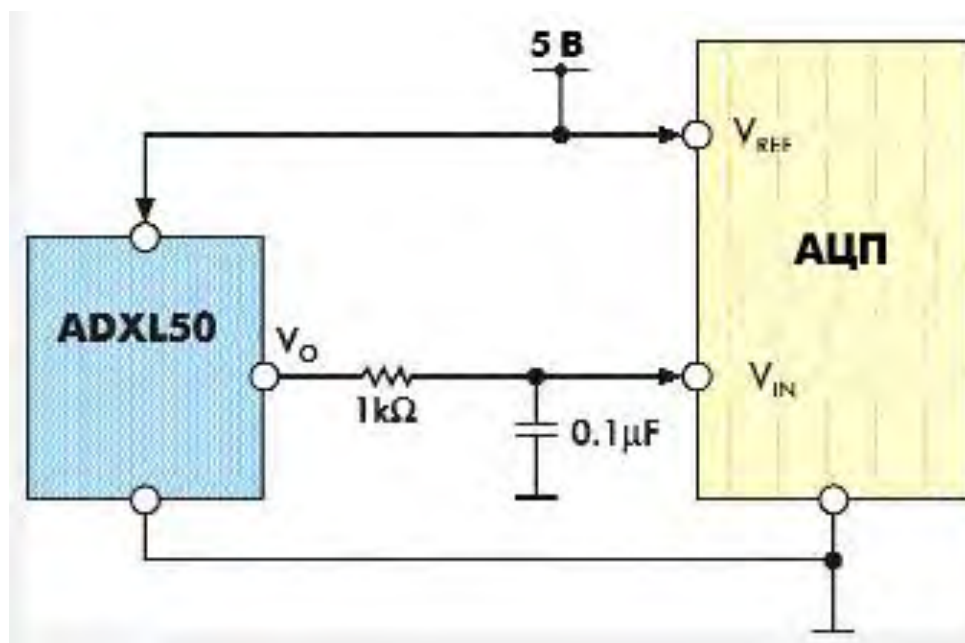


Рисунок 2.10 – Схема поверхностно интегрального акселерометра

Фактически датчик имеет 54 элементарных ячейки для того, чтобы измерять ускорение. Инерционная масса датчика ускорения в момент изменения скорости перемещения кристалла смещается относительно остальной части кристалла. Ее пальцеобразные выступы образуют подвижную обкладку конденсатора переменной емкости. С каждого конца эта структура опирается на столбики-анкеры, аналогичные по конструкции держателям неподвижных обкладок. Растяжки по концам инерционной массы, удерживающие ее на весу, являются подобием механическими пружинами постоянной упругости, которые ограничивают перемещение пробной массы и ее возврат в исходное положение. Говоря другими словами, сила инерции при воздействии ускорения

$$F = m \cdot a \quad (2.5)$$

уравновешивается силой упругости пружины

$$F = k \cdot x, \quad (2.6)$$

где m — масса,

a — ускорение,

k — жесткость пружины,

x — перемещение массы относительно исходного состояния.

Отсюда следует, что

$$a = x \cdot \left(\frac{k}{m} \right), \quad (2.7)$$

причем $\frac{k}{m}$ — конструктивный параметр датчика.

Так как перемещение инерционной массы должно происходить в плоскости поликремниевой пленки, ось чувствительности датчика лежит в этой плоскости, и, следовательно, она является параллельной в плоскости печатной платы, к которой припаивается датчик.

Каждый из наборов неподвижных обкладок конденсатора (Y и Z) электрически соединен параллельным способом внутри схемного кристалла. В результате получается пара независимых конденсаторов $X—Y$ и $X—Z$, подвижная обкладка которых образована всей совокупностью пальцеобразных

выступов инерционной массы. Внутри кристалла эти три обкладки подключены к встроенным схемам формирования сигнала акселерометра. В спокойном состоянии (движение с постоянной скоростью) все «пальцы» подвижной обкладки X благодаря растяжкам находятся на одинаковом расстоянии от пар пальцев неподвижных обкладок. При каком-либо ускорении подвижные пальцы приближаются к одному из наборов неподвижных пальцев и удаляются от другого набора. В результате этого относительного перемещения соответствующие расстояния становятся неодинаковыми, и емкости между подвижной обкладкой и каждой из неподвижных обкладок изменяются.

Хотя в ИМС акселерометра ADXL50 датчик и схема формирования сигнала фактически представляют собой замкнутый контур с обратной связью и уравниванием сил, опишем вначале работу устройства при разомкнутой обратной связи. Противофазные сигналы прямоугольной формы частотой 1 МГц одинаковой амплитуды подаются от генератора соответственно на верхнюю и нижнюю обкладки Y и Z.

Емкости CS1 и CS2 между неподвижной и подвижной обкладками при отсутствии ускорения одинаковы, поэтому на подвижную обкладку передаются сигналы с одинаковой амплитудой. Разностный сигнал, поступающий на вход повторителя, равен нулю.

При ускорении датчика разностный сигнал не равен нулю, причем его амплитуда зависит от величины смещения подвижной обкладки, а фаза определяется знаком ускорения.

Фазочувствительный демодулятор преобразует этот сигнал в низкочастотный (полосой от 0 до 1000 Гц), характеризующий величину и знак ускорения. Это напряжение поступает на предусилитель, с выхода которого сигнал идет на внешний вывод ИМС.

Для уменьшения влияния температуры окружающей среды разработчиками была введена отрицательная обратная связь по положению инерционной массы. Осуществляется так, что на подвижные обкладки датчика,

напряжение с выхода предусилителя подается через резистор 3 мом. Это напряжение создает электростатические силы между подвижной и неподвижной обкладками, которые стремятся установить инерционную массу в исходное состояние. Поскольку мы имеем в этом случае следящую систему с высокой добротностью, инерционная масса никогда не будет отклоняться от своего исходного положения более чем на 0,01 мкм.

В отсутствии ускорения выходное напряжение предусилителя равно $V_O = 1,8 \text{ В}$, при полном ускорении $\pm 50g$ $V_O = 1,8 \pm 1,5 \text{ В}$.

В более поздних моделях ИМС акселерометров инженеры компании AnalogDevices отказались от обратной связи по положению инерционной массы. С одной стороны, это позволило почти в два раза уменьшить площадь кристалла датчика, повысить его экономичность, увеличить размах выходного напряжения, практически исключить внешние компоненты, снизить стоимость, но с другой стороны, увеличилось смещение инерционной массы, что привело к некоторому реальному ухудшению линейности.

Акселерометры семейства ADXL также снабжены системой самотестирования. В ADXL50 тестовый сигнал в виде последовательности прямоугольных импульсов низкой частоты подается на подвижную обкладку. Это вызывает колебания инерционной массы, аналогичные тем, которые вызываются воздействием инерционных сил. Выходное напряжение исправного датчика также будет изменяться с той же частотой.

В моделях без обратной связи по положению только 42 ячейки датчика используются в схеме измерения ускорения. Остальные 12 входят в схему самотестирования. Самотестирование осуществляется подачей высокого логического уровня на вывод «SELF-TEST» микросхемы. При этом на подвижную часть датчика действует электростатическая сила, соответствующая приблизительно 20 % ускорения полной шкалы.

Выходное напряжение ИМС исправного датчика пропорционально уменьшится. Таким образом, можно проверить работоспособность полной механической структуры и электрической схемы акселерометра.

Для снижения требования к стабильности источника питания и для осуществления возможности питания акселерометров прямо от батарей, их выходное напряжение делают пропорциональным произведению ускорения на напряжение питания. В такой момент датчик следует включать по логометрической схеме. В этой схеме удобно применить аналогово-цифровой преобразователь, который использует питающее напряжение в качестве опорного. Следует заметить, что между выходом акселерометра и входом УВХАЦП должен быть буферный усилитель, так как выходной ток акселерометра изменяется в диапазоне ± 100 мкА, и при достаточно высокой частоте выборок конденсатор УВХ не будет успевать заряжаться до напряжения на выходе акселерометра.

В настоящее время AnalogDevices выпускает несколько моделей интегральных акселерометров: одноосные ADXL105, ADXL150, ADXL190 на максимальное ускорение $\pm 5g$, $\pm 50g$, $\pm 100g$ соответственно, и двухосные ADXL202 ADXL210 и ADXL250 на максимальное ускорение по обеим осям $\pm 2g$, $\pm 10g$ и $\pm 50g$ соответственно.

Датчики производятся в основном в плоских керамических корпусах QC-14 с планарными выводами, причём, по которым измеряется ускорение, направлены параллельно плоскости выводов (то есть параллельно плоскости печатной платы). Вариант ADXL202E выпускается в миниатюрном безвыводном кристаллоносителе LCC-8 размером $5 \times 5 \times 2$ мм. Для удобства сопряжения с микроконтроллерами выходные сигналы ИМС ADXL202 и ADXL210 представляют собой прямоугольные импульсы постоянной частоты. Информация об ускорении отображается относительной длительностью импульсов g .

Акселерометры с малым значением максимального измеряемого ускорения и высокой чувствительностью можно использовать для определения угла наклона относительно горизонта.

Выходное напряжение акселерометра пропорционально синусу угла наклона оси его чувствительности относительно горизонта. Для того чтобы определить этот угол однозначно, нужно применять двухосный акселерометр. Для этой цели подходит ADXL202. Зависимости выходных сигналов этого датчика, приведенных к 1 g, от угла его наклона представлены на рисунке 2.11

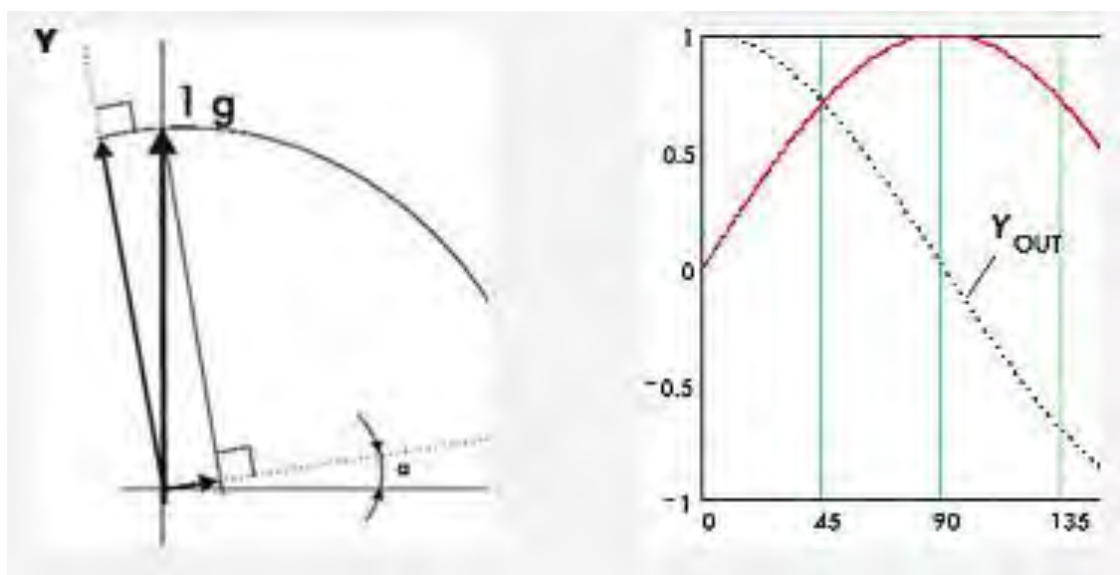


Рисунок 2.11 – Использование акселерометра для измерения наклона

На рисунке 2.12 представлена упрощенная блок-схема двухосного акселерометра ADXL202.

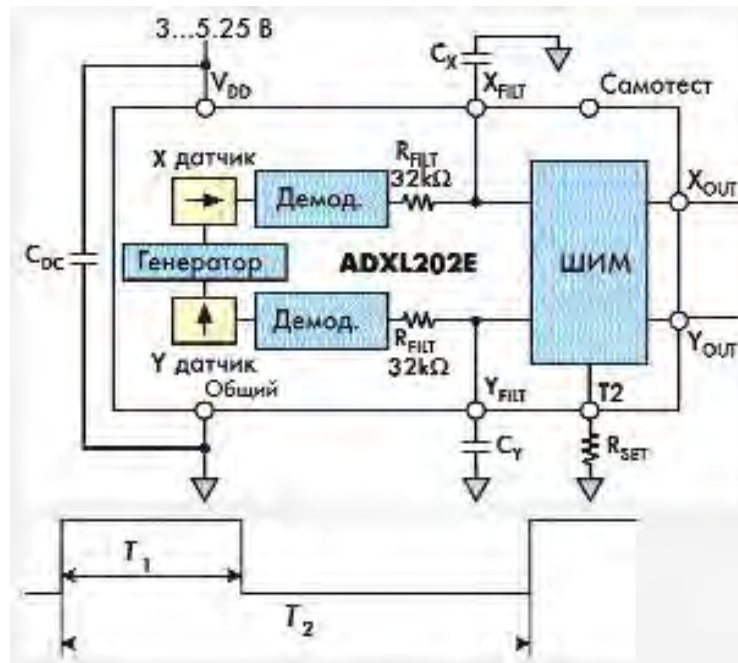


Рисунок 2.12 – Блок-схема двухосного акселерометра ADXL202

Выходными сигналами данного акселерометра являются импульсы. Их относительная длительность пропорциональна ускорению. Такой тип выхода помогает обеспечивать повышенную помехоустойчивость, передачу сигнала поодной линии и прием его любым микроконтроллером, который имеет таймер. Ускорение в единицах g рассчитывается по формуле:

$$a \text{ в } g \geq 8 \cdot \left(\frac{T_1}{T_2} - 0,5 \right) \quad (2.8)$$

Нужно отметить, что относительная длительность равная 0,5 соответствует нулевому ускорению. Период импульсов T_2 не нужно измерять на каждом импульсе. Его нужно уточнять только при изменении температуры.

Исходя из того, что частота выходных импульсов одинакова для обоих каналов, период T_2 достаточно измерить только на одном канале. Эта величина устанавливается в пределе от 0,5 до 10 мс внешним резистором RSET.

Одним из недостатков акселерометров с ШИМ-выходом является необходимость применения весьма быстродействующих микроконтроллеров

для получения высокой разрешающей способности при широкой полосе пропускания.

Завершая описание акселерометров компании AnalogDevices, ниже представлены характеристики этих микросхем.

Масса инерционного грузика — 0,1 мкг.

Емкость каждой части дифференциального конденсатора — 0,1 пФ.

Минимальное обнаруживаемое отклонение емкости — 20 аФ (10–18 Ф).

Изменение емкости, соответствующее ускорению полной шкалы — 0,01 пФ.

Расстояние между обкладками конденсатора — 1,3 мкм.

Минимальное обнаруживаемое отклонение подвижных обкладок конденсатора — 0,2 ангстрема.

Акселерометры семейства ХММА компании Motorola собраны из планарной емкостной ячейки датчика ускорения и КМОП-схемы нормализации сигнала, выполненной в отличие от ранних моделей [2], на одном кристалле. Чувствительный элемент (G-ячейка) занимает большую часть кристалла. Он сформирован из поликристаллического кремния посредством поверхностной микрообработки и состоит из двух неподвижных пластин, между которыми расположена пластина, закрепленная на упругом подвесе и способная перемещаться под действием инерционных сил (Рисунок 2.13).

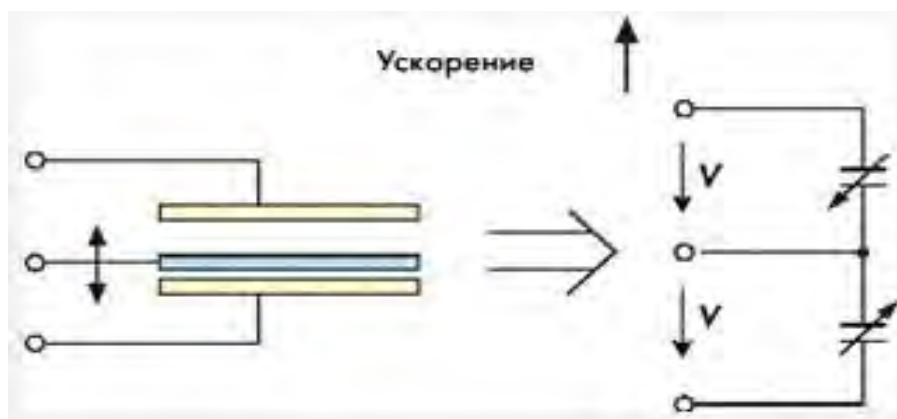


Рисунок 2.13 – Упрощенная конструкция датчика ускорения микросхемы семейства ХММА

Когда центральная пластина отклоняется от среднего положения в результате ускорения, расстояние от нее до одной из неподвижных пластин увеличится на ту же самую величину, на которую расстояние до другой пластины уменьшится. Изменение расстояний характеризует ускорение.

Ось чувствительности к ускорению направлена перпендикулярно поверхности пластинки кремния (чипа), поэтому датчики, изготавливаемые в DIP-корпусе, измеряют ускорение, направленное нормально к печатной плате. Для того чтобы сделать возможным измерение ускорений, направленных параллельно печатной плате, фирма выпускает эти датчики также и в корпусах SIP, в которых чип расположен перпендикулярно печатной плате.

Пластины G-ячейки формируют два противовключенных конденсатора. При перемещении датчика с ускорением, направленным перпендикулярно плоскости пластин, подвижная пластина начинает отклонение в направлении, противоположном ускорению, и произойдет перераспределение расстояний между пластинами. Емкости обоих конденсаторов изменятся в соответствии с формулой

$$C = \frac{S}{x}, \quad (2.9)$$

где S — площадь пластин,

ϵ — диэлектрическая постоянная,

x — расстояние между пластинами.

Как видно, эта зависимость нелинейна. На рисунке 2.14 приведен график зависимости разности емкостей этих конденсаторов ($C_1 - C_2$) от перемещения подвижной пластины.

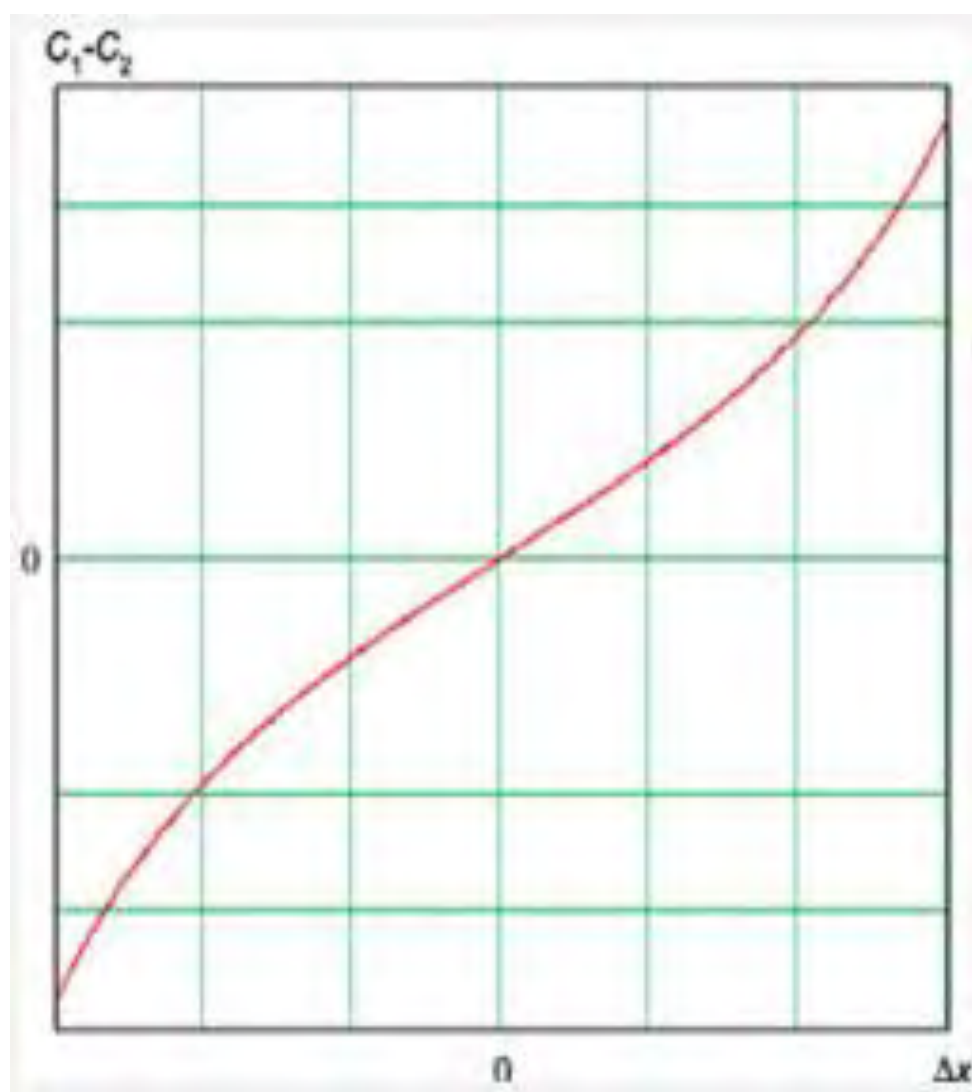


Рисунок 2.14 — График зависимости разности емкостей конденсаторов из ячейки датчика ускорения от перемещения подвижной пластины

Схемы определения рассогласования емкостей конденсаторов G-ячейки измеряют изменение напряжения на подвижной пластине (MMAS40G, MMAS250G, MMAS500G) или заряда на ней (XMMA1000, XMMA2000).

Напряжение измеряется электрометрическим усилителем, а заряд – усилителем заряда. Исходя по техническим описаниям этих микросхем, представленным фирмой-изготовителем, постоянное ускорение они не воспринимают. На рисунке 2.15 приведена блок-схема акселерометра XMMA500G.

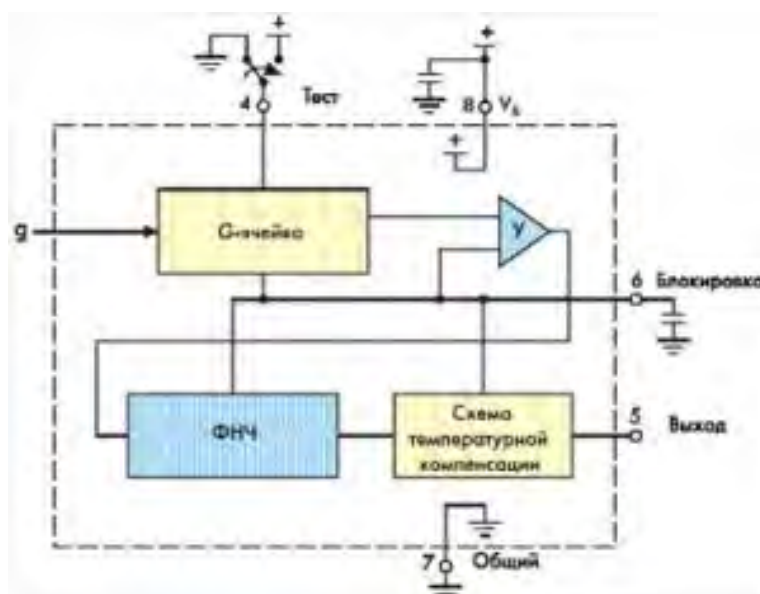


Рисунок 2.15 – Блок-схема акселерометра MMAS500G

Данный акселерометр имеет диапазон измеряемых ускорений 500g. Сигнал с выхода электрометрического усилителя поступает на фильтр нижних частот 4-го порядка, а с него на схему температурной компенсации.

Акселерометры компании Motorola также могут быть использованы в логометрическом включении.

2.6.1.9 Индуктивные датчики

Индуктивные датчики расстояния определяют расстояния до проводящих металлических объектов, таких как сталь, алюминий, латунь. Поскольку принцип работы индуктивных датчиков основан на определении токов взаимной индукции, такие датчики очень устойчивы к воздействию немагнитических предметов и помех, таких как, например, пыль или машинное масло. Современные технологии позволяют создать индуктивный датчик с аналоговым выходом имеющей диаметр всего 6 мм и измеряемое расстояние 2 мм. Такие датчики с высоким разрешением и быстрым временем отклика находят применение в большинстве высокоскоростных задач.

Вместе с тем, несмотря на прекрасную точность, разрешение и время отклика, существенная нелинейность, составляющая 3% - 5%, представляет

определенную проблему. Что бы преодолеть это некоторые производители определяют выходной сигнал датчика как полиномную функцию, математически описывающую сигнал, и тем самым дают возможность запрограммировать с помощью такой функции большинство современных контроллеров для более точного алгоритма измерения. Типичная функция, описывающая выходной сигнал аналогового индуктивного датчика в зависимости от расстояния, представлена ниже:

$$\text{Расстояние} = a + b (I_{\text{вых}}) + c (I_{\text{вых}})^2 + d (I_{\text{вых}})^3 + e (I_{\text{вых}})^4$$

$I_{\text{вых}}$ – выходной ток

$$\text{Измеряемое расстояние} = 0\text{--}2 \text{ мм}, 0\text{--}20 \text{ мА } (I_{\text{вых}})$$

Коэффициенты функции имеют следующие значения:

$$a = -0.144334; c = -0.00782; e = -7.27311 \cdot 10^{-6}; b = 0.151453; d = 0.00040$$

Тем самым, например, на расстоянии 0,4638 мм выходной сигнал будет 5 мА. Проблемы с линейностью могут быть так же решены с использованием интегрированного в датчик микропроцессора.

Такой метод позволяет произвести линеаризацию выходной характеристики датчика и существенно снизить нелинейность. Например, индуктивный датчик диаметром 12 мм и расстоянием измерения 0 – 4 мм., со встроенным микропроцессором имеет линейность лучше, чем 0,4%.

2.6.1.10 Ультразвуковые датчики

Ультразвуковые датчики расстояния делают измерения на основе временной задержки распространения ультразвука от момента излучения ультразвукового импульса до возвращения этого импульса обратно в датчик после отражения от объекта. При этом достигается разрешение до 0,2 мм.

Создание ультразвуковых датчиков расстояния с одним преобразователем возможно, потому что пьезорезистивный преобразователь может быть источником ультразвуковых импульсов, так и их приемником. Такой

преобразователь излучает короткий ультразвуковой импульс и одновременно с этим в датчике запускается внутренний таймер.

Когда отраженный от объекта ультразвуковой импульс вернется обратно в датчик, таймер останавливается. Время, прошедшее между моментом излучения импульса и моментом, когда отраженный импульс вернулся в датчик, служит основой для вычисления расстояния до объекта.

Абсолютный контроль за процессом измерения производится с помощью микропроцессора, обеспечивающего высокую линейность измерений. Наиболее важными особенностями применений ультразвуковых датчиков служит их возможность измерять расстояния до таких сложных объектов таких как, например, сыпучие вещества, жидкости, гранулы, прозрачные или напротив сильноотражающие поверхности. В дополнение ультразвуковыми датчиками можно измерять сравнительно большие расстояния, при этом, сохраняя их небольшие размеры, что может быть существенно для ряда применений.

Однако и ультразвуковые датчики имеют ряд ограничений. Во-первых, это объекты, которые способны поглощать ультразвуковые колебания. Такое поглощение начинает уменьшать измеряемую дистанцию. Во-вторых это сильно изогнутые поверхности. Они снижают расстояние и точность измерений, потому что рассеивают ультразвуковые колебания в различных направлениях.

Ультразвуковые датчики генерируют импульс в виде широкого конуса, что так же ограничивает возможность измерения расстояния до небольших объектов, увеличивая уровень помех от других объектов, которые так же могут находиться в поле зрения датчика. Некоторые ультразвуковые датчики имеют конус с углом всего 5 градусов. Это позволяет использовать их для измерения намного меньших объектов, например таких, как бутылки или ампулы.

2.6.2 Оптические датчики

Расстояние до предмета можно измерить различными способами при помощи оптики. Это могут быть лазерные интерферометры, диффузные и оптические датчики радарного типа. Как и любой датчики все вышеперечисленные имеют свои плюсы и минусы. Лазерные интерферометры, являющиеся очень дорогостоящими приборами, по характеристикам имеют широкий диапазон измерений и точность до нескольких нанометров. Датчики, имеющие рассеянное отражение и аналоговый выход, имеют возможность измерять расстояния в широких пределах, но так как они работают поскольку с отраженным светом, то могут возникнуть проблемы с определением расстояний доокрашенных или отражающих объектов. Лазерные датчики, работающие по принципу измерения времени распространения света от датчика дообъекта и обратно, способны измерять большие расстояния, однако, это позволяет измерять с ограниченным разрешением в 2 – 3 мм.

Большое количество производственных задач по измерению приходится на диапазоны от долей микрон до нескольких десятков метров. При этом датчики должны работать с объектами, которые далеки от идеальных. Такие объекты малого размера, имеют различный цвет, сложную структуру поверхности и перемещающихся с высокой скоростью. Для таких целей наиболее подходят лазерные датчики расстояния, работающие по принципу оптической триангуляции

Лазер отправляет через линзу луч, который будет отражаться от объекта и сфокусируется на линейке из фотодиодов, которая преобразует световой сигнал в электрический. Если изменить расстояние дообъекта, то это вызовет изменение угла отраженного луча и, следовательно, позицию, которую отраженный луч занимает на линейке фотодиодов. Микроконтроллер производит обработку сигнала от линейки фотодиодов и преобразует его в аналоговый электрический сигнал рисунок 2.16.

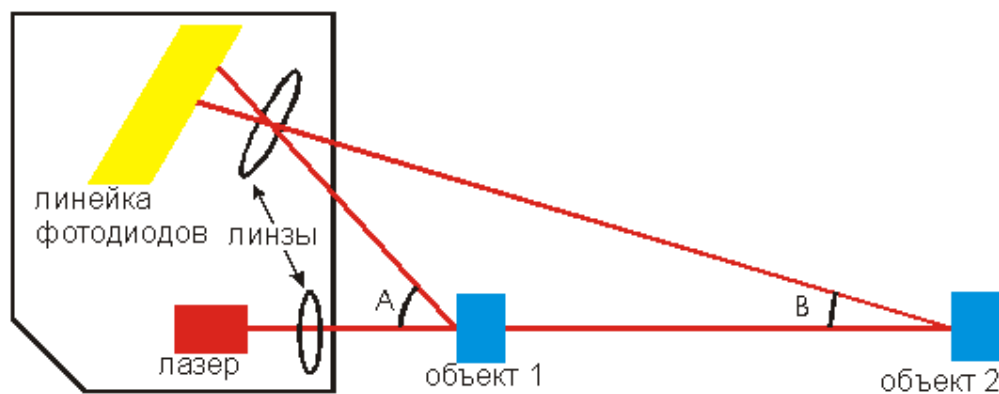


Рисунок 2.16 – Принцип работы оптического датчика расстояния.

Важнейшим качеством таких датчиков заключается в сочетании высокой точности измерений и больших измеряемых расстояниях. Большое количество производителей выпускают датчики с разрешением от 1 мкм до 1мм. Однако высокая точность возможна только на относительно коротких расстояниях. Так что, например, точность в 1 мкм на расстояниях в 1 метр получить вряд ли удастся.

Чтобы уменьшить шумы все лазерные датчики расстояний позволяют проводить интегральные или усредненные измерения. При этом делается много измерений расстояния до объекта и результат приводится к среднему значению, тем самым повышается точность измерений. Однако высокая точность требует большого количества измерений, увеличивая при этом общее время измерения.

Для измерения расстояний вокруг автомобиля воспользуемся ультразвуковым датчиком.

2.7 Выводы

На основе анализа дорожно-транспортных происшествий разработан алгоритм работы адаптивной тормозной системы, позволяющей снизить аварийность транспортных средств.

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Расчет тормозной системы для автомобиля среднего класса

Исходные данные автомобиля:

G_a – масса автомобиля, кг,

$G_a = 1550$ кг, при полной нагрузке,

при частичной нагрузке $G_a = 1220$ кг,

G_{II} – масса приходящаяся на переднюю ось, кг,

$G_{II} = 750$ кг, при полной нагрузке

при частичной нагрузке $G_{II} = 715$ кг,

G_3 – масса приходящаяся на заднюю ось, кг,

$G_3 = 800$ кг, при полной нагрузке

при частичной нагрузке $G_3 = 505$ кг,

G_{np} – масса прицепа, кг,

$G_{np} = 720$ кг, при полной нагрузке,

при частичной нагрузке $G_{np} = 200$ кг,

G_{OIP} – масса приходящаяся на ось прицепа, кг,

$G_{OIP} = 690$ кг, при полной нагрузке,

при частичной нагрузке $G_{OIP} = 190$ кг.

h_{CT} – высота центра тяжести автомобиля, мм,

$h_{CT} = 590$ мм, при полной нагрузке,

при частичной нагрузке $h_{CT} = 570$ мм,

$h_{CTП}$ – высота центра тяжести прицепа, мм,

$h_{CTП} = 300$ мм, при полной нагрузке,

при частичной нагрузке $h_{CTП} = 270$ мм,

R_K – радиус качения колеса автомобиля, $R_K = 329$ мм,

R_{KIP} – радиус качения колеса прицепа, $R_{KIP} = 282$ мм,

L – база автомобиля, $= 2200$ мм,

l – база прицепа, $= 2000$ мм,

$i_{ПЕД}$ – передаточное число педали тормоза, $i_{ПЕД} = 4$,

$S_{ГТЦ}$ – площадь поршня главного тормозного цилиндра автомобиля,

$S_{ГТЦ} = 3.88$ см²,

$S_{ГТЦП}$ – площадь поршня главного тормозного цилиндра прицепа, $S_{ГТЦП} = 2.85$ см²,

Исходные данные для переднего тормозного механизма:

$d_{П}$ – диаметр поршня тормозного цилиндра, $d_{П} = 30$ мм,

R_{max} – наружный радиус диска, $R_{max} = 135$ мм,

R_{min} – внутренний радиус диска, $R_{min} = 100$ мм,

m – коэффициент трения между накладкой и тормозным диском, $m = 0.4$,

i – число пар трения, $i = 2$,

n – количество цилиндров, $n = 3$.

Исходные данные для заднего тормозного механизма:

$d_{П}$ – диаметр поршня тормозного цилиндра, $d_{П} = 20,64$ мм,

$S_{ТНЗТ}$ – площадь тормозных накладок задних тормозов, $S_{ТНЗТ} = 496$ см²,

$S_{ЗТБ}$ – площадь задних тормозных барабанов, $S_{ЗТБ} = 848$ см²,

m – коэффициент трения между накладкой и тормозным барабаном, $m = 0.35$,

$P_{ЗО}$ – давление срабатывания, $P_{ЗО} = 6$ кг/см²,

$R_{Б}$ – радиус барабана, $R_{Б} = 125$ мм,

φ – угол охвата накладки, $\varphi = 114^\circ$,

$R_{Б}$ – радиус барабана, $R_{Б} = 12,5$ см,

Φ – угол охвата накладки в радианах, $\Phi = 1,988$ рад,

Исходные данные для регулятора тормозных сил:

A – точка включения регулятора давления;

при полной нагрузке,

$A = 55$ кг/см²,

при частичной нагрузке,

$$A = 25 \text{ кг/см}^2,$$

K_P – коэффициент регулирования,

$$K_P = 0,2.$$

Исходные данные для вакуумного усилителя:

$P_{BAK.max}$ – величина разряжения в камере усилителя, $P_{BAK.max} = 0,5 \text{ кг/см}^2$,

$S_{ШТ}$ – площадь поршня штока, $S_{ШТ} = 4,906 \text{ см}^2$,

S_T – площадь поршня толкателя, $S_T = 1,662 \text{ см}^2$,

S_d – эффективная площадь диафрагмы, $S_d = 403 \text{ см}^2$,

$P_{ПР}$ – усилие возвратной пружины, $P_{ПР} = 20 \text{ кг}$,

3.1.1 Расчет переднего тормозного механизма [3]

Определяем тормозные моменты на колесах передней оси автомобиля. Схему тормозного механизма представлена на рисунке 3.1.

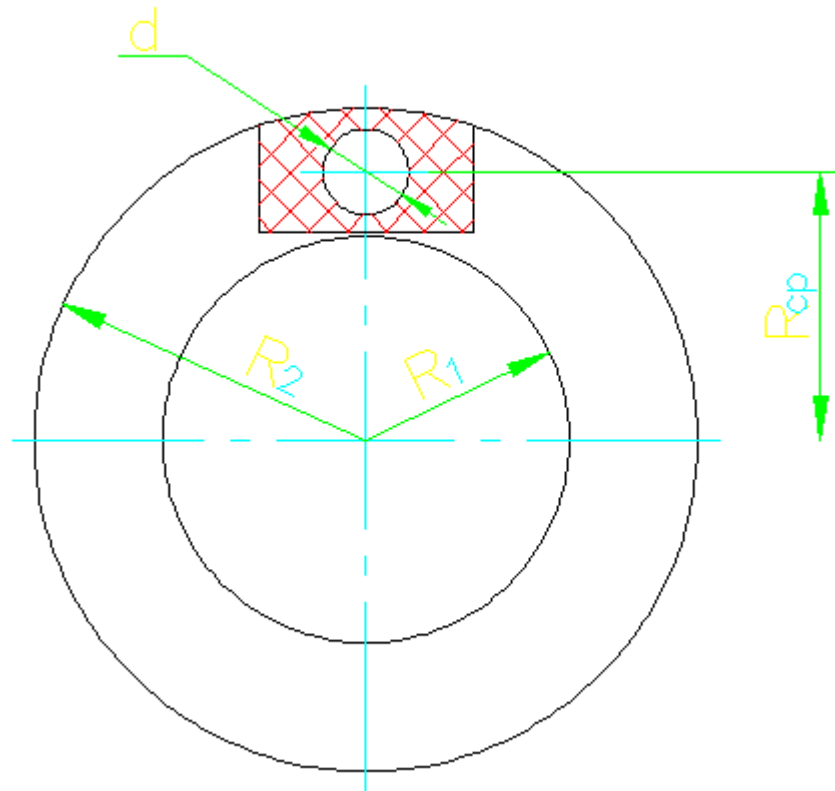


Рисунок 3.1 – Схема тормозного механизма

Площадь поршня тормозного цилиндра определяется следующим образом:

$$S_n = \pi \cdot d_n^2 / 4 \quad (3.1)$$

$$S_n = 3.14 \cdot 3^2 / 4,$$

$$S_n = 7,06 \text{ см}^2,$$

где d_n – диаметр поршня тормозного цилиндра = 3 см.

3.1.2 Радиус трения [2]

$$R_{mp} = 2(R^3_{max} - R^3_{min}) / 3(R^2_{max} - R^2_{min}); \quad (3.2)$$

$$R_{mp} = 2(13,5^3 - 10^3) / 3(13,5^2 - 10^2)$$

$$R_{mp} = 11,84 \text{ см}$$

3.1.3 Тормозной момент [2]

$$M_n = S_n \cdot R_{TP} \cdot \mu_n \cdot P_n \cdot i \cdot n \quad (3.3)$$

$$M_n = 7,06 \cdot 11,84 \cdot 0,4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot P_n$$

$$M_n = 200,6 \cdot P_n \text{ Н·м},$$

где P_n – давление в передних тормозных цилиндрах, КПа,

μ_n – коэффициент трения между накладкой и тормозным диском,

$$\mu_n = 0,4,$$

i – число пар трения,

$$i = 2,$$

n – количество цилиндров, = 3.

3.1.4 Расчет заднего тормозного механизма [2]

Определяем тормозные моменты на колесах задней оси автомобиля.
Схема тормозного механизма представлена на рисунке 3.2.

Площадь поршня тормозного цилиндра

$$S_{\Pi} = \pi \cdot d_{\Pi}^2 / 4 \quad (3.4)$$

$$S_{\Pi} = 3.14 \cdot 2.06^2 / 4,$$

$$S_{\Pi} = 3.33 \text{ см}^2,$$

где:

d_{Π} – диаметр поршня тормозного цилиндра,

$$d_{\Pi} = 2.06 \text{ см}.$$

Радиус центра давления:

$$R_c = (4 \cdot R_b \cdot (\sin \varphi / 2)) / (\Phi + \sin \varphi) \quad (3.5)$$

$$R_c = (4 \cdot 12.5 \cdot (\sin 114^\circ / 2)) / (1.988 + \sin 114^\circ)$$

$$R_c = 144.5 \text{ мм},$$

где φ – угол охвата накладки,

$$\varphi = 114^\circ$$

R_b – радиус барабана,

$$R_b = 12.5 \text{ мм}.$$

Φ – угол охвата накладки в радианах,

$$\Phi = 1.988.$$

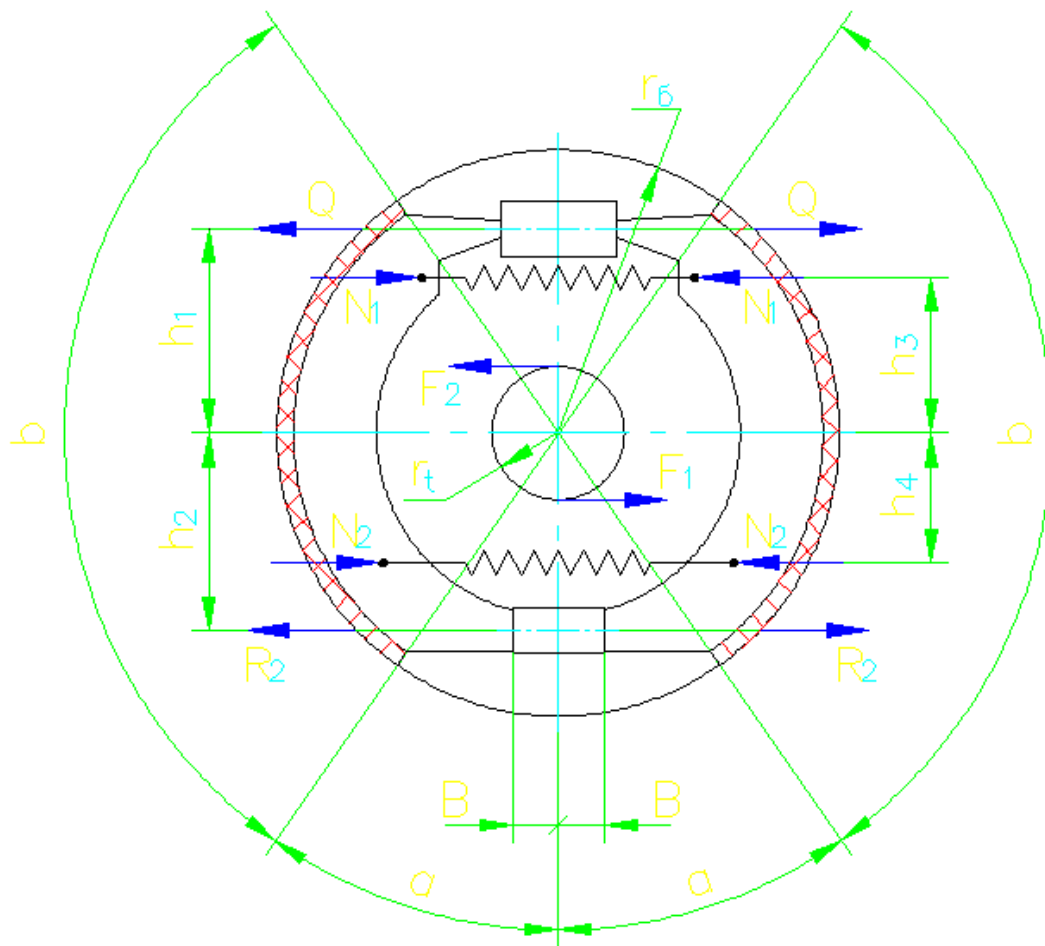


Рисунок 3.2 – Схема тормозного механизма

Активная колодка

$$F/P = (m_n \cdot R_c \cdot l) / (R_6 \cdot (b / \cos \beta - m_n \cdot R_c)) \quad (3.6)$$

$$F/P = (0.35 \cdot 144.5 \cdot 17.9) / (12.5 \cdot (8.5 / 0.945 - 0.35 \cdot 14.45))$$

$$F/P = 1.83,$$

где m_n – коэффициент трения между накладкой и тормозным барабаном,

$$m_n = 0.35,$$

F – сила трения.

P – усилие, развиваемое гидроцилиндром.

$$\beta = \arctg m_n,$$

$$\beta = \arctg 0.35,$$

$$\beta = 19.3^\circ,$$

$$\cos \beta = \cos 19.3^\circ = 0.945,$$

$$F=1.83 \cdot P, \quad (3.7)$$

$$Ma = F \cdot R_b, \quad (3.8)$$

$$Ma = 1,83 \cdot P \cdot 12,5,$$

$$Ma = 22,9 \cdot P.$$

Пассивная колодка:

$$F/P = (m_n \cdot R_c \cdot l) / (R_b \cdot (b / \cos \beta + m_n \cdot R_c)), \quad (3.9)$$

$$F/P = (0.35 \cdot 144.5 \cdot 17.9) / (12.5 \cdot (8.5 / 0.945 + 0.35 \cdot 14.45))$$

$$F/P = 0.515$$

$$F=0.515 \cdot P, \quad (3.10)$$

$$M_{II} = F \cdot R_b;$$

$$M_{II} = 0.515 \cdot P \cdot 12.5;$$

$$M_{II} = 6.44 \cdot P; \quad (3.11)$$

Тормозной момент

$$M_z = Ma + M_{II}; \quad (3.12)$$

$$M_z = 22.9 \cdot P + 6.44 \cdot P;$$

$$M_z = 29.34 \cdot P;$$

$$P = P_z \cdot \sin; \quad (3.13)$$

$$P = P_z \cdot 3.33;$$

$$M_z = 97.7 \cdot (P_z - 6) \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (3.14)$$

P_z – давление в задних тормозных цилиндрах, кг/см²;

P_{zo} – давление срабатывания,

$$P_{zo} = 6 \text{ кг/см}^2.$$

3.1.5 Расчет нормальных реакций дороги на оси автомобиля и прицепа при торможении [1]

Из уравнения сил и моментов, действующих на автомобиль при торможении (Рисунок 3.3) следует:

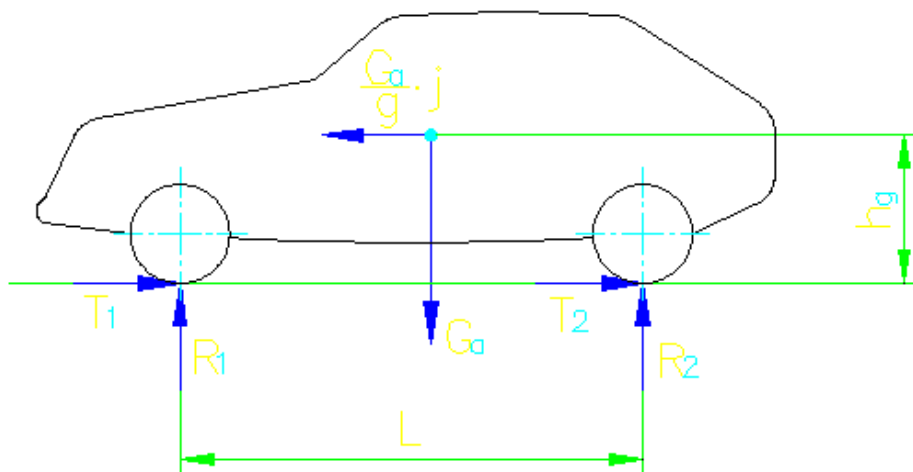


Рисунок 3.3 – Силы и моменты, действующие на автомобиль при торможении

$$R_{\Pi} = (G_a \cdot b + G_a \cdot h_{цта} \cdot ja/g - (G_{np} \cdot f - G_{np} \cdot h_{цпн} \cdot ja/g) \cdot d/l) / L \quad (3.15)$$

$$R_z = (G_z \cdot c - G_a \cdot h_{цта} \cdot ja/g + (G_{np} \cdot f + G_{np} \cdot h_{цпн} \cdot ja/g) \cdot (d + L)/l) / L \quad (3.16)$$

$$R_{np} = (G_{np} \cdot e - G_{np} \cdot h_{цпн} \cdot ja/g) / l, \quad (3.17),$$

где R_n – нормальная реакция на переднюю ось, кг.

R_z – нормальная реакция на заднюю ось, кг.

R_{np} – нормальная реакция на ось прицепа, кг.

G_a – масса автомобиля, кг.

G_{np} – масса прицепа, кг.

G_n – масса приходящаяся на переднюю ось, кг.

G_z – масса приходящаяся на заднюю ось, кг.

G_{onp} – масса приходящаяся на ось прицепа, кг.

$h_{цта}$ – высота центра тяжести автомобиля, мм.

$h_{цпн}$ – высота центра тяжести прицепа, мм.

ja – замедление автомобиля при торможении, м/с²

g – ускорение свободного падения,

$$g = 9.81 \text{ м/с}^2$$

L – база автомобиля, = 2200 мм.

l – база прицепа, = 2000 мм.

3.1.6 Координаты центра тяжести при полной нагрузке [2]

$$b = G_n \cdot L / G_a \quad (3.18)$$

$$b = 750 \cdot 2200 / 1550$$

$$b = 1064.5 \text{ мм}$$

$$c = G_z \cdot L / G_a \quad (3.19)$$

$$c = 800 \cdot 2200 / 1550$$

$$c = 1135.5 \text{ мм}$$

$$e = G_{np} \cdot l / G_{np} \quad (3.20)$$

$$e = 690 \cdot 2000 / 720$$

$$e = 1916,5 \text{ мм}$$

$$h_{цта} = 590 \text{ мм},$$

$$G_a = 1550 \text{ кг},$$

$$G_n = 750 \text{ кг},$$

$$G_z = 800 \text{ кг},$$

$$H_{цmn} = 300 \text{ мм},$$

$$G_{np} = 720 \text{ кг},$$

$$G_{onp} = 690 \text{ кг}.$$

3.1.7 Координаты центра тяжести при частичной нагрузке [2]

$$b = G_n \cdot L / G_a$$

$$b = 715 \cdot 2200 / 1220$$

$$b = 1289.3 \text{ мм}$$

$$c = G_z \cdot L / G_a$$

$$c = 505 \cdot 2200 / 1220$$

$$c = 910.7 \text{ мм}$$

$$e = G_{np} \cdot l / G_{np}$$

$$e = 190 \cdot 2000 / 200$$

$$e = 1900 \text{ мм}$$

$$h_{\text{цта}} = 570 \text{ мм},$$

$$G_a = 1220 \text{ кг},$$

$$G_n = 715 \text{ кг},$$

$$G_z = 505 \text{ кг},$$

$$h_{\text{цтн}} = 270 \text{ мм},$$

$$G_{np} = 200 \text{ кг},$$

$$G_{onp} = 190 \text{ кг}.$$

3.1.8 Уравнение моментов при полной нагрузке [3]

$$R_n = 737.7 + 37.5 \cdot ja \quad (3.21)$$

$$R_z = 842.3 - 27 \cdot ja \quad (3.22)$$

$$R_{np} = 690 - 11 \cdot ja \quad (3.23)$$

3.1.9 Уравнение моментов при частичной нагрузке [3]

$$R_n = 711 + 31.1 \cdot ja \quad (3.24)$$

$$R_z = 509 - 28.3 \cdot ja \quad (3.25)$$

$$R_{np} = 190 - 2.7 \cdot ja \quad (3.26)$$

3.1.10 Определение оптимального соотношения давлений в передних и задних тормозных механизмах автомобиля и тормозных механизмах прицепа с учетом влияния перераспределения масс при торможении [3]

Давление определяют как функцию от замедления:

$$P_n = (R_n \cdot R_k \cdot ja) / (2 \cdot K_l \cdot g) \quad (3.27)$$

$$P_n = (32,9 \cdot R_n \cdot ja) / (2 \cdot 200,6 \cdot 9,81)$$

$$P_n = 0,008 \cdot R_n \cdot ja$$

$$P_3 = (R_3 \cdot R_{Kj} \cdot j_a) / (2 \cdot K_2 \cdot g) + P_{30} \quad (3.28)$$

$$P_3 = (32,9 \cdot R_3 \cdot j_a) / (2 \cdot 97,7 \cdot 9,81) + 6$$

$$P_3 = 0,017 \cdot R_3 \cdot j_a + 6$$

$$P_{np} = (R_{np} \cdot R_{Knp} \cdot j_a) / (2 \cdot K_2 \cdot g) + P_{30} \quad (3.29)$$

$$P_{np} = (28,2 \cdot R_{np} \cdot j_a) / (2 \cdot 97,7 \cdot 9,81) + 6$$

$$P_{np} = 0,015 \cdot R_{np} \cdot j_a + 6$$

где K_1, K_2 – характеристики тормозных механизмов.

- для переднего $K_1 = 200,6$

- для заднего $K_2 = 97,7$

3.1.11 Характеристика регулятора давления задних тормозов [3]

$$P_3 = A + (P_{гтц} - A) \cdot K_p, \quad (3.30)$$

где A – точка включения регулятора давления;

при полной нагрузке, $A = 550$ КПа,

при частичной нагрузке, $A = 250$ КПа;

K_p – коэффициент регулирования;

$$K_p = 0,2$$

при полной нагрузке:

$$P_3 = 550 + (P_{гтц} - 550) \cdot 0,2 \quad (3.31)$$

при частичной нагрузке:

$$P_3 = 250 + (P_{гтц} - 250) \cdot 0,2 \quad (3.32)$$

3.1.12 Расчет вакуумного усилителя [3]

Характеристика вакуумного усилителя при $P_{\text{вак}} < P_{\text{вак.мах}}$ (до точки насыщения):

$$P_{\text{нед}} \cdot i_{\text{нед}} \cdot S_{\text{шт}} = S_m \cdot P_{\text{гтц}} \cdot S_{\text{гтц}}, \quad (3.33)$$

где $P_{\text{вак}}$ – величина давления на диафрагму вакуумного усилителя, КПа

$P_{\text{вак.мах}}$ – величина разряжения в камере усилителя,

$P_{\text{вак.мах}} = 5 \text{ КПа}$

$S_{\text{шт}}$ – площадь поршня штока,

$$S_{\text{шт}} = 4,906 \text{ см}^2$$

$S_{\text{т}}$ – площадь поршня толкателя,

$$S_{\text{т}} = 1,662 \text{ см}^2$$

$P_{\text{пед}}$ – усилие на педали тормоза

$i_{\text{пед}}$ – передаточное число педали тормоза, $=4$.

$P_{\text{гтц}}$ – давление в главном тормозном цилиндре, КПа

$S_{\text{гтц}}$ – площадь поршня главного тормозного цилиндра, $=3.88 \text{ см}^2$

Из уравнения (3.33) определим:

$$P_{\text{пед}} = S_{\text{т}} \cdot P_{\text{гтц}} \cdot S_{\text{гтц}} / i_{\text{пед}} \cdot S_{\text{шт}} \quad (3.34)$$

$$P_{\text{пед}} = 1,662 \cdot 3.88 \cdot P_{\text{гтц}} / 4 \cdot 4,906$$

$$P_{\text{пед}} = 0,33 \cdot P_{\text{гтц}}$$

3.1.13 Характеристика вакуумного усилителя при $P_{\text{вак}} = P_{\text{вак.мах}}$
(точка насыщения) [3]

$$(S_d \cdot P_{\text{вак.мах}} - P_{\text{нр}}) \cdot S_{\text{шт}} = P_{\text{гтц}} \cdot S_{\text{гтц}} \cdot (S_{\text{шт}} - S_{\text{т}}), \quad (3.35)$$

где S_d – эффективная площадь диафрагмы,

$$S_d = 403 \text{ см}^2$$

$P_{\text{нр}}$ – усилие возвратной пружины,

$$P_{\text{нр}} = 200 \text{ Н}$$

Из уравнения (3.35) следует:

$$H_{\text{унв}} = (S_d \cdot H_{\text{дфр/мах}} - H_{\text{гх}}) \cdot \sin[(\sin - \sin) \cdot \sin w] \quad (3.36)$$

$$P_{\text{гтц}} = (403 \cdot 0,5 - 200) \cdot 4,906 / (4,906 - 1,662) \cdot 3,88,$$

$$P_{\text{гтц}} = 707 \text{ КПа.}$$

3.1.14 Характеристика вакуумного усилителя при $P_{\text{вак}} > P_{\text{вак.мах}}$ (после точки насыщения) [3]

$$P_{\text{гтц}} \cdot S_{\text{гтц}} = P_{\text{пед}} \cdot i_{\text{пед}} + P_{\text{вак.мах}} \cdot S_d - P_{\text{нр}} \quad (3.37)$$

Из уравнения (3.37) следует:

$$P_{\text{пед}} = (P_{\text{гтц}} \cdot S_{\text{гтц}} - P_{\text{вак.мах}} \cdot S_d + P_{\text{нр}}) / i_{\text{пед}} \quad (3.38)$$

$$P_{\text{пед}} = (P_{\text{гтц}} \cdot 3,88 - 0,5 \cdot 403 + 20) / 4$$

$$P_{\text{пед}} = 0,97 \cdot P_{\text{гтц}} - 45,4$$

3.1.15 Расчет давления в ГТЦ.

При $P_{\text{гтц}} = < A$:

$$P_{\text{гтц}} = (G_a \cdot R_k \cdot j_a / 2 \cdot g + K_2 \cdot P_{30}) / (K_1 + K_2) \quad (3.39)$$

при полной нагрузке:

$$P_{\text{гтц}} = 8,71 \cdot j_a + 1,96 \quad (3.40)$$

при частичной нагрузке:

$$P_{\text{гтц}} = 6,86 \cdot j_a + 1,96 \quad (3.41)$$

При $P_{\text{гтц}} > A$

$$P_{\text{гтц}} = (G_a \cdot R_k \cdot j_a / 2 \cdot g - K_2 \cdot (0,8 \cdot A - P_{30})) / (K_1 + K_p \cdot K_2), \quad (3.42)$$

где:

A – точка включения регулятора давления;

при полной нагрузке, = 550 КПа

при частичной нагрузке, = 250 КПа

K_p – коэффициент регулирования; = 0,2

$$\text{при полной нагрузке: } P_{\text{гтц}} = 11,81 \cdot j_a + 16,86 \quad (3.43)$$

$$\text{при частичной нагрузке } P_{\text{гтц}} = 9,29 \cdot j_a + 6,21 \quad (3.44)$$

3.1.16 Тормозные силы, действующие на оси при торможении

3.1.16.1 Тормозная сила действующая на переднюю ось

$$T_n = 2 \cdot M_n / R_k = 2 \cdot 200.6 \cdot P_n / 32.9 = 12.19 \cdot P_n \text{ Н}, \quad (3.45)$$

где:

R_k – радиус качения колеса, =329мм.

3.1.16.2 Тормозная сила действующая на заднюю ось

$$T_z = 2 \cdot M_z / R_k = 2 \cdot 97.7 \cdot (P_z - 6) / 32.9 = 5.94 \cdot (P_z - 6) \text{ Н}, \quad (3.46)$$

где:

R_k – радиус качения колеса, =329мм.

3.1.16.3 Тормозная сила действующая на ось прицепа

$$T_{np} = 2 \cdot M_{\text{в}} / R_k = 2 \cdot 97.7 \cdot (P_{np} - 6) / 28.2 = 6.93 \cdot (P_{np} - 6) \text{ Н}, \quad (3.47)$$

где:

R_k – радиус качения колеса, =282мм.

3.1.17 Расчет кривых сцепления.

$$f_n = T_n / R_n \text{ - для передней оси} \quad (3.48)$$

$$f_z = T_z / R_z \text{ - для задней оси} \quad (3.49)$$

$$f_{np} = T_{np} / R_{np} \text{ - для оси прицепа} \quad (3.50)$$

3.1.18 Выход из строя контура передних тормозов при полной нагрузке

$$M_n = S_n \cdot R_{mp} \cdot t_n \cdot P_n \cdot i \cdot n \quad (3.51)$$

$$M_n = 7.06 \cdot 11.84 \cdot 0.4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot P_n = 66.87 \cdot P_n \text{ Н·м},$$

где:

P_n – давление в передних тормозных цилиндрах, КПа

$\mu_{тн}$ – коэффициент трения между накладкой и тормозным диском, =0.4.

i – число пар трения, =2,

n – количество цилиндров, =1,

Давление в ГТЦ при $j a = 2.9 \text{ м/с}^2$:

$$P_{гтц} = (G a \cdot R_k \cdot j a / 2 \cdot g + K_2 \cdot P_{зо}) / (K_1 + K_2) \quad (3.53)$$

$$P_{гтц} = (1550 \cdot 32.9 \cdot 2.9 / 2 \cdot 9.81 + 97.7 \cdot 6) / (66.87 + 97.7) = 494 \text{ КПа}$$

Усилие на педали тормоза:

$$P_{пед} = 0.33 \cdot P_{гтц} = 0.33 \cdot 494 = 163 \text{ Н} \quad (3.54)$$

3.1.19 Выход из строя контура задних тормозов при полной нагрузке

$$V_g = S_g \cdot R_{nh} \cdot \mu_y \cdot H_g \cdot i \cdot n \quad (3.55)$$

$$M_n = 7.06 \cdot 11.84 \cdot 0.4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot P_n = 133.74 \cdot P_n \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где:

P_n – давление в передних тормозных цилиндрах, КПа,

$\mu_{тн}$ – коэффициент трения между накладкой и тормозным диском, =0.4,

i – число пар трения, =2,

n – количество цилиндров, =2,

Давление в ГТЦ при $j a = 2.9 \text{ м/с}^2$

$$P_{гтц} = G a \cdot R_k \cdot j a / (2 \cdot g \cdot K_1) \quad (3.56)$$

$$P_{гтц} = 1550 \cdot 32.9 \cdot 2.9 / (2 \cdot 9.81 \cdot 133.74) = 564 \text{ КПа}$$

Усилие на педали тормоза:

$$P_{пед} = 0.33 \cdot P_{гтц} = 0.33 \cdot 564 = 186 \text{ Н} \quad (3.57)$$

3.1.20 Выход из строя вакуумного усилителя.

$$P_{гтц} \cdot S_{гтц} = P_{пед} \cdot i_{пед} + P_{вак.мах} \cdot S_d - P_{нр}, \quad (3.58)$$

где: $P_{вак.мах} = 0$

Давление в ГТЦ при $ja=2.9\text{ м/с}^2$

$$P_{гтц}=8.71 \cdot ja + 1.96 = 8.71 \cdot 2.9 + 1.96 = 272 \text{ КПа} \quad (3.59)$$

Из уравнения (3.58) определим:

$$H_{gtl} = (H_{unw} \cdot Sunw + H_{gh}) | i_{gtl} \quad (3.60)$$

$$P_{ned} = (27.2 \cdot 3.88 + 20) / 4 = 31.4 \text{ кг}$$

3.1.21 Расчет ручного тормоза

Уклон 18% соответствует углу $\alpha=10.2^\circ$

Для удержания автомобиля требуется тормозная сила:

$$P_m = G_a \cdot \sin \alpha = 1550 \cdot \sin 10.2^\circ = 2745 \text{ Н} \quad (3.61)$$

Следовательно, к одному колесу необходимо приложить тормозной момент:

$$M_m = P_m \cdot R_{cm} / 2 = 274.5 \cdot 0.322 / 2 = 442 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.62)$$

3.1.22 Определение силового передаточного числа [3]

Передаточное число на рычаге:

$$i_p = 240 / 35.5 = 6.76 \quad (3.63)$$

Передаточное число на уравнителе:

$$2 \cdot P_3 \cdot \cos 34^\circ = P_2 \quad (3.64)$$

$$i_y = 2 \cdot P_3 / P_2 = 1 / (2 \cdot \cos 34^\circ) = 0.603$$

(3.65)

Передаточное число на тормозе:

$$i_m = (P_4 + P_5) / P_3 \quad (3.66)$$

$$P_4 = P_3 \cdot 142 / 25 = P_3 \cdot 5.68$$

(3.67)

$$P_5 = P_3 \cdot (142 - 25) / 25 = P_3 \cdot 4.68$$

(3.68)

$$i_m = 10.36$$

Полное силовое передаточное число привода:

$$i_n = i_p \cdot i_y \cdot i_m = 42.2 \quad (3.69)$$

$$P_1 = (P_4 + P_5) / i_n \cdot \eta = (P_4 + P_5) / 42.2 \cdot 0.8 = (P_4 + P_5) / 33.78 \quad (3.70)$$

Характеристика барабанного тормоза:

$$M_m = P_6 \cdot 0.2934 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.71)$$

Чтобы создать требуемый тормозной момент, необходимо к колодкам приложить силу:

$$P_6 = 442 / 0.2934 = 1506 \text{ Н} \quad (3.72)$$

$$P_5 = P_6 \cdot 179 / 161 = 1674 \text{ Н} \quad (3.73)$$

$$P_4 = P_6 \cdot 179 / 136 = 1982 \text{ Н} \quad (3.74)$$

$$P_1 = (P_4 + P_5) / 33.78 = (167.4 + 198.2) / 33.78 = 108 \text{ Н} \quad (3.75)$$

3.1.22 Расчет силы на штоке главного тормозного цилиндра прицепа

$$P_{ш} = P_{гтцп} \cdot S_{гтцп}, \quad (3.76)$$

где:

$S_{гтцп}$ – площадь поршня главного тормозного цилиндра прицепа,
 $= 2.85 \text{ см}^2$

$P_{пр}$ – давление в главном тормозном цилиндре прицепа, $= P_{пр}$

$P_{ш}$ – сила на штоке главного тормозного цилиндра прицепа.

Таблица 3.1 – Полная нагрузка

ja, м/с ²	Rп, Н	Rз, Н	Rпр, Н	Pп, КПа	Pз, КПа	Pпр, КПа	Pгтц, КПа	Pпед Н	Pш, Н
1	7752	8153	6790	62	198	162	107	35	462
2	8127	7883	6680	130	328	260	194	64	741
3	8502	7613	6570	204	448	355	281	92	1012
4	8877	7343	6460	284	559	447	368	119	1274
5	9252	7073	6350	370	661	536	455	150	1527
6	9627	6803	6240	462	754	622	542	179	1773
7	10002	6533	6130	560	837	704	658	217	2006
8	10377	6263	6020	664	912	762	776	299	2172

Таблица 3.2 – Частичная нагрузка

ja, м/с ²	Рп, Н	Рз, Н	Рпр, Н	Рп, КПа	Рз, КПа	Рпр, КПа	Ргтц, КПа	Рпед, Н	Рш, Н
1	7421	4807	1873	59	142	88	88	29	251
2	7732	4524	1846	123	214	115	157	52	328
3	8043	4241	1819	193	276	142	225	74	405
4	8354	3958	1792	267	329	167	309	102	476
5	8665	3675	1765	347	372	192	402	133	547
6	8976	3392	1738	431	406	216	495	163	616
7	9287	3109	1711	520	429	239	588	194	681
8	9598	2826	1684	614	444	262	681	225	747

Таблица 3.3 – Полная нагрузка

ja, м/с ²	a=ja/g	Рп=Ргтц, КПа	Рз, Па	Тп Н	Тз Н	Тпр Н	fп	fз	fпр
1	0.102	107	107	1300	279	707	0.17	0.03	0.10
2	0.204	194	194	2365	796	1386	0.29	0.10	0.21
3	0.306	281	281	3425	1313	2044	0.40	0.17	0.31
4	0.408	368	368	4486	1829	2682	0.51	0.25	0.42
5	0.510	455	455	5546	2346	3298	0.60	0.33	0.52
6	0.612	542	542	6607	2863	3895	0.68	0.42	0.62
7	0.713	658	572	8021	3041	4463	0.80	0.46	0.73
8	0.815	776	595	9459	3178	5003	0.91	0.51	0.83

Таблица 3.4 – Частичная нагрузка

$j a,$ m/c^2	$z=a/g$	$R_{\Pi}=R_{ГТ}$ ц, КПа	$R_3,$ КПа	T_{Π} Н	T_3 Н	$T_{пр}$ Н	f_{Π}	f_3	$f_{пр}$
1	0.102	88	888	1073	166	194	0.14	0.03	0.10
2	0.204	157	157	1914	576	381	0.25	0.12	0.21
3	0.306	225	225	2750	933	568	0.34	0.22	0.31
4	0.408	309	262	3767	1200	742	0.45	0.30	0.41
5	0.510	402	280	4900	1307	915	0.56	0.35	0.52
6	0.612	495	299	6034	1420	1081	0.67	0.42	0.62
7	0.713	588	317	7168	1532	1240	0.77	0.49	0.72
8	0.815	681	336	8301	1639	1399	0.86	0.58	0.83

3.1.23 Расчет сил на рычаге инерционного тормоза прицепа

$$F_{дш} = R_{ш}/6 \quad Н \quad (3.77)$$

$$F_{дм} = R_{ш} + F_{дш} \quad Н \quad (3.78),$$

где:

i_p – передаточное число рычага, =6

$F_{дш}$ – сила на дышле, Н

$F_{дм}$ – сила на демпфере, Н

Таблица 3.5 – Полная нагрузка

$j a, m/c^2$	$R_{ш}, Н$	$F_{дш}, Н$	$F_{дм}, Н$
1	462	77	539
2	741	124	865
3	1012	168	1180
4	1274	212	1486
5	1527	255	1782
6	1773	295	2068
7	2006	334	2340
8	2172	362	2534

Таблица 3.6 – Частичная нагрузка

$j_a, \text{м/с}^2$	$P_{ш}, \text{Н}$	$F_{дш}, \text{Н}$	$F_{дм}, \text{Н}$
1	251	42	293
2	328	55	383
3	405	67	472
4	476	79	555
5	547	91	638
6	616	103	719
7	681	114	795
8	747	125	872

3.2 Расчетосей на прочность [4]

$$\tau_{ср} = 4 \cdot P / (\pi \cdot d^2 \cdot i) \leq [\tau_{ср}] - \text{срез оси} \quad (3.79)$$

$$\sigma_{см} = P / (S \cdot d \cdot i) \leq [\sigma_{см}] - \text{смятиеоси} \quad (3.80),$$

где:

P – сила действующая на ось;

π – число пи, ≈ 3.14 ;

S – толщина листа, $\approx 3 \text{мм}$;

d – диаметр оси;

i – количество стыков, ≈ 2 .

$$[\sigma_{см}] = \sigma_T / n = 200 / 5 = 40 \text{ МПа} \quad (3.81)$$

$$[\tau_{ср}] = \sigma_T / n = 200 / 5 = 40 \text{ МПа} \quad (3.82),$$

где:

σ_T – предел текучести, $\approx 200 \text{ МПа}$

n – запас прочности, ≈ 5

3.2.1 Расчет оси штока цилиндра

$$P=2172 \text{ Н}; \quad d=10 \text{ мм}$$

$$\tau_{\text{ср}}=4 \cdot 2172 / (3.14 \cdot 100 \cdot 2) = 13.8 \leq 40 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{см}}=2172 / (3 \cdot 10 \cdot 2) = 36.2 \leq 40 \text{ МПа}$$

3.2.2 Расчет оси штока демпфера

$$P=2534 \text{ Н} \quad d=12 \text{ мм}$$

$$\tau_{\text{ср}}=4 \cdot 2534 / (3.14 \cdot 144 \cdot 2) = 11.2 \leq 40 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{см}}=2534 / (3 \cdot 12 \cdot 2) = 35.2 \leq 40 \text{ МПа}$$

3.3 Расчет пружины накатного устройства [4]

P_1 – сила пружины при предварительной деформации.

$$P_1 = (0.02 \dots 0.04) \cdot G_{\text{пр}} = 0.025 \cdot 7200 = 180 \text{ Н.} \quad (3.83)$$

P_2 – сила пружины при рабочей деформации.

$$P_2 = 0.1 \cdot G_{\text{пр}} - F_{\text{дш}} = 0.1 \cdot 7200 - 360 = 360 \text{ Н.} \quad (3.84)$$

h – рабочий ход пружины, =60мм.

D – наружный диаметр пружины, =68мм.

δ – относительный инерционный зазор, =0.05...0.25

$$\delta = 0.05$$

P_3 – сила пружины при максимальной деформации.

$$P_3 = P_2 / (1 - \delta) = 360 / (1 - 0.05) = 380 \text{ Н.} \quad (3.85)$$

d – диаметр проволоки, =4.5 мм

C – индекс пружины.

$$C = D_0 / d = (D - d) / d = (68 - 4.5) / 4.5 = 14.1, \quad (3.86)$$

где:

D_0 – средний диаметр пружины, =63.5 мм.

K – коэффициент учитывающий увеличение напряжений от кривизны витка.

$$K=(4 \cdot C-1)/(4 \cdot C-4)+0.615/C=(4 \cdot 14.1-1)/(4 \cdot 14.1-4)+0.615/14.1=1.09 \quad (3.87)$$

τ_3 – максимальное касательное напряжение при кручении.

$$\tau_3=K \cdot 8 \cdot P_3 \cdot D_0/(\pi \cdot d^3)=1.09 \cdot 8 \cdot 380 \cdot 63.5/(3.14 \cdot 4.5^3)=735 \text{ МПа} \quad (3.88)$$

z – жесткость пружины.

$$z=(P_2-P_1)/h=(360-180)/60=3 \text{ МПа} \quad (3.89)$$

z_1 – жесткость одного витка пружины.

$$z_1=G \cdot d^4/(8 \cdot D_0^3)=83000 \cdot 4.5^4/8 \cdot 63.5^3=16.6 \text{ МПа} \quad (3.90)$$

n – число рабочих витков.

$$n=z_1/z=16.6/3=5.5 \quad (3.91)$$

n_1 – полное число витков.

$$n_1=n+n_2=5.5+2=7.5, \quad (3.92)$$

где:

n_2 – число опорных витков, =2

F_1 – предварительная деформация.

$$F_1=P_1/z=180/3=60 \text{ мм.} \quad (3.93)$$

F_2 – рабочая деформация.

$$F_2=P_2/z=360/3=120 \text{ мм.} \quad (3.94)$$

F_3 – максимальная деформация.

$$F_3=P_3/z=380/3=127 \text{ мм.} \quad (3.95)$$

H_3 – высота пружины при максимальной деформации.

$$H_3=(n_1+1-n_3) \cdot d=(7.5+1-1.5) \cdot 4.5=31.5 \text{ мм,} \quad (3.96)$$

где:

n_3 – число зашлифованных витков, =1.5

H_0 – высота пружины в свободном состоянии.

$$H_0=H_3+F_3=31.5+127=158.5 \text{ мм.} \quad (3.97)$$

H_1 – высота пружины при предварительной деформации.

$$H_1 = H_0 - F_1 = 158.5 - 60 = 98.5 \text{ мм.} \quad (3.98)$$

H_2 – высота пружины при рабочей деформации.

$$H_2 = H_0 - F_2 = 158.5 - 120 = 38.5 \text{ мм.} \quad (3.99)$$

L – длина развернутой пружины.

$$L = 3/2 \cdot D_0 \cdot n_1 = 3.2 \cdot 63.5 \cdot 7.5 = 1524 \text{ мм.} \quad (3.100)$$

Q – масса пружины.

$$Q = 19.25 \cdot 10^{-6} \cdot D_0 \cdot n_1 \cdot d^2 = 19.25 \cdot 10^{-6} \cdot 63.5 \cdot 7.5 \cdot 4.5^2 = 0.185 \text{ кг.} \quad (3.101)$$

3.4 Расчет пружины демпфера

P_1 – сила пружины при предварительной деформации.

$$P_1 = F_{\text{дм}} = 2534 \text{ Н.} \quad (3.102)$$

h – рабочий ход пружины, =12мм.

D – наружный диаметр пружины, =50мм.

δ – относительный инерционный зазор, =0.05...0.25

d – диаметр проволоки, =7 мм

z_1 – жесткость одного витка пружины.

$$z_1 = G \cdot d^4 / (8 \cdot D^3) = 83000 \cdot 7^4 / 8 \cdot 43^3 = 313 \text{ МПа} \quad (3.103)$$

z – жесткость пружины.

$$z = z_1 / n = 313 / 5.5 = 57 \text{ МПа,} \quad (3.104),$$

где:

n – число рабочих витков, =5.5

n_1 – полное число витков.

$$n_1 = n + n_2 = 5.5 + 2 = 7.5, \quad (3.105)$$

где:

n_2 – число опорных витков, =2

F_1 – предварительная деформация.

$$F_1 = P_1 / z = 2534 / 57 = 44.4 \text{ мм.} \quad (3.106)$$

H_3 – высота пружины при максимальной деформации.

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3) \cdot d = (7.5 + 1 - 1.5) \cdot 7 = 49 \text{ мм.}, \quad (3.107)$$

где:

n_3 – число зашлифованных витков, $= 1.5$

H_1 – высота пружины при предварительной деформации.

$$H_1 = H_3 + h + \Delta = 49 + 12 + 6 = 67 \text{ мм.} \quad (3.108)$$

H_2 – высота пружины при рабочей деформации.

$$H_2 = H_1 - h = 67 - 12 = 55 \text{ мм.} \quad (3.109)$$

H_0 – высота пружины в свободном состоянии.

$$H_0 = H_1 + F_1 = 67 + 44.4 = 111.4 \text{ мм.} \quad (3.110)$$

F_2 – рабочая деформация.

$$F_2 = H_0 - H_2 = 111.4 - 55 = 56.4 \text{ мм.} \quad (3.111)$$

P_2 – сила пружины при рабочей деформации.

$$P_2 = F_2 \cdot z = 56.4 \cdot 57 = 3215 \text{ Н.} \quad (3.112)$$

C – индекс пружины.

$$C = D_0 / d = (D - d) / d = (50 - 7) / 7 = 6.1, \quad (3.113)$$

где:

D_0 – средний диаметр пружины, $= 43 \text{ мм.}$

K – коэффициент учитывающий увеличение напряжений от кривизны витка.

$$K = (4 \cdot C - 1) / (4 \cdot C - 4) + 0.615 / C = (4 \cdot 6.1 - 1) / (4 \cdot 6.1 - 4) + 0.615 / 6.1 = 1.24 \quad (3.114)$$

τ_2 – касательное напряжение при кручении.

$$\tau_2 = K \cdot 8 \cdot P_2 \cdot D_0 / (\pi \cdot d^3) = 1.24 \cdot 8 \cdot 3215 \cdot 43 / (3.14 \cdot 7^3) = 1273 \text{ МПа} \quad (3.115)$$

L – длина развернутой пружины.

$$L = 3/2 \cdot D_0 \cdot n_1 = 3.2 \cdot 43 \cdot 7.5 = 1032 \text{ мм.} \quad (3.116)$$

Q – масса пружины.

$$Q = 19.25 \cdot 10^{-6} \cdot D_0 \cdot n_1 \cdot d^2 = 19.25 \cdot 10^{-6} \cdot 43 \cdot 7.5 \cdot 7^2 = 0.304 \text{ кг.} \quad (3.117)$$

3.5 Расчет электромагнитных параметров

3.5.1 Расчет большой катушки

Для расчета параметров катушки воспользуемся программой MagnetolectricDrive (M_Drive) (рисунок 3.4).

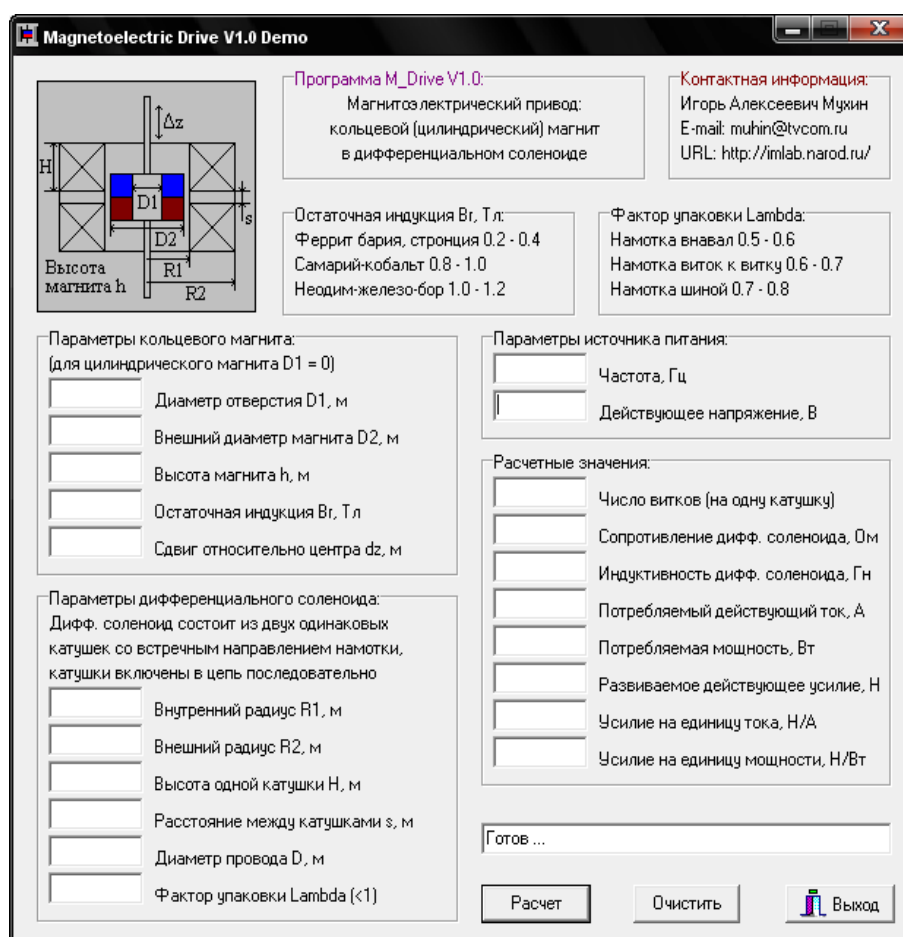
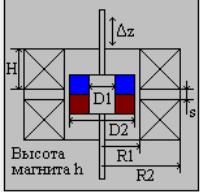


Рисунок 3.4 – Интерфейс программы

Входные данные(рисунок 3.5):

Magnetoelectric Drive V1.0 Demo



Высота магнита h

Программа M_Drive V1.0:
Магнитоэлектрический привод:
кольцевой (цилиндрический) магнит
в дифференциальном соленоиде

Контактная информация:
Игорь Алексеевич Мужин
E-mail: muhin@tycom.ru
URL: <http://imlab.narod.ru/>

Остаточная индукция Br, Тл:
 Феррит бария, стронция 0.2 - 0.4
 Самарий-кобальт 0.8 - 1.0
 Неодим-железо-бор 1.0 - 1.2

Фактор упаковки Lambda:
 Намотка внавал 0.5 - 0.6
 Намотка виток к витку 0.6 - 0.7
 Намотка шиной 0.7 - 0.8

Параметры кольцевого магнита:
(для цилиндрического магнита D1 = 0)

0.04 Диаметр отверстия D1, м

0.052 Внешний диаметр магнита D2, м

0.093 Высота магнита h, м

0.9 Остаточная индукция Br, Тл

0 Сдвиг относительно центра dz, м

Параметры источника питания:

0 Частота, Гц

12 Действующее напряжение, В

Параметры дифференциального соленоида:
Дифф. соленоид состоит из двух одинаковых катушек со встречным направлением намотки, катушки включены в цепь последовательно

0.037 Внутренний радиус R1, м

0.04 Внешний радиус R2, м

0.1 Высота одной катушки H, м

0.001 Расстояние между катушками s, м

0.0001 Диаметр провода D, м

0.78 Фактор упаковки Lambda (<1)

Расчетные значения:

Число витков (на одну катушку)

Сопротивление дифф. соленоида, Ом

Индуктивность дифф. соленоида, Гн

Потребляемый действующий ток, А

Потребляемая мощность, Вт

Развиваемое действующее усилие, Н

Усилие на единицу тока, Н/А

Усилие на единицу мощности, Н/Вт

Готов ...

Рисунок 3.5 – Ввод исходных данных

- D1 - диаметр отверстия магнита, м
- D2 - внешний диаметр магнита, м
- h - высота магнита, м
- Br - остаточная индукция материала магнита, Тл
- dz - смещение магнита относительно центра, м
- R1 - внутренний радиус дифференциального соленоида (радиус отверстия), м
- R2 - внешний радиус дифференциального соленоида, м
- H - высота одной катушки дифференциального соленоида, м
- s - расстояние между катушками дифференциального соленоида (толщина прокладки), м
- D - диаметр обмоточного провода без изоляции (для проводов прямоугольного сечения производится пересчет по формуле $D=(4s/p)^{1/2}$, где s - площадь поперечного сечения провода, м²), м

– Λ - фактор упаковки (отношение площади, занятой проводом в поперечном сечении соленоида без учета изоляции, к площади поперечного сечения соленоида),

– частота выходного напряжения источника питания, Гц;

– действующее значение напряжения источника питания, В

Выходные данные (Рисунок 3.6):

Мagnetoelectric Drive V1.0 Demo

Программа M_Drive V1.0:
Магнитозлектрический привод:
кольцевой (цилиндрический) магнит
в дифференциальном соленоиде

Контактная информация:
Игорь Алексеевич Мухин
E-mail: muhin@tycom.ru
URL: http://mlab.narod.ru/

Остаточная индукция B_r , Тл:
Феррит бария, стронция 0.2 - 0.4
Самарий-кобальт 0.8 - 1.0
Неодим-железо-бор 1.0 - 1.2

Фактор упаковки Λ :
Намотка внавал 0.5 - 0.6
Намотка виток к витку 0.6 - 0.7
Намотка шириной 0.7 - 0.8

Параметры кольцевого магнита:
(для цилиндрического магнита $D1 = 0$)

0.04 Диаметр отверстия $D1$, м
0.052 Внешний диаметр магнита $D2$, м
0.093 Высота магнита h , м
0.9 Остаточная индукция B_r , Тл
0 Сдвиг относительно центра dz , м

Параметры дифференциального соленоида:
Диф. соленоид состоит из двух одинаковых катушек со встречным направлением намотки, катушки включены в цепь последовательно

0.037 Внутренний радиус $R1$, м
0.04 Внешний радиус $R2$, м
0.1 Высота одной катушки H , м
0.001 Расстояние между катушками s , м
0.001 Диаметр провода D , м
0.78 Фактор упаковки Λ (<1)

Параметры источника питания:

0 Частота, Гц
12 Действующее напряжение, В

Расчетные значения:

297.9 Число витков (на одну катушку)
3.065 Сопротивление диф. соленоида, Ом
0.006335 Индуктивность диф. соленоида, Гн
3.915 Потребляемый действующий ток, А
46.98 Потребляемая мощность, Вт
13.38 Развиваемое действующее усилие, Н
3.417 Усилие на единицу тока, Н/А
0.2848 Усилие на единицу мощности, Н/Вт

Готов ...

Расчет Очистить Выход

Рисунок 3.6 – Выходные данные

- 1 Число витков одной катушки дифференциального соленоида.
- 2 Сопротивление дифференциального соленоида (суммарное сопротивление катушек), Ом.
- 3 Индуктивность дифференциального соленоида, Гн.
- 4 Потребляемый от источника ток (действующее значение), А.
- 5 Потребляемая от источника, Вт.
- 6 Развиваемое усилие (действующее значение), Н.
- 7 Усилие в расчете на единицу тока, Н/А.
- 8 Усилие в расчете на единицу мощности, Н/Вт.

Конструктивные параметры электромагнитной катушки:

- Диаметр отверстия $D1 = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$.
- Внешний диаметр магнита $D2 = 52 \text{ мм} = 0,052 \text{ м}$.
- Высота магнита $h = 93 \text{ мм} = 0,093 \text{ м}$.
- Остаточная индукция $Br = 0,9 \text{ Тл}$.
- Сдвиг относительно центра $dz = 0$.
- Внутренний радиус $R1 = 37 \text{ мм} = 0,037 \text{ м}$.
- Внешний радиус $R2 = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$.
- Высота одной катушки $H = 93 \text{ мм} = 0,093 \text{ м}$.
- Расстояние между катушками $s = 10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$.
- Диаметр провода $D = 1 \text{ мм} = 0,0001 \text{ м}$.
- Фактор упаковки $Lambda = 0,78$.
- Частота 0 Гц (ток постоянный).
- Напряжение 12 В .

С помощью программы Magnetoelectric Transducer (рисунок 3.6) рассчитаем движение кольцевого магнита в цилиндрическом соленоиде.

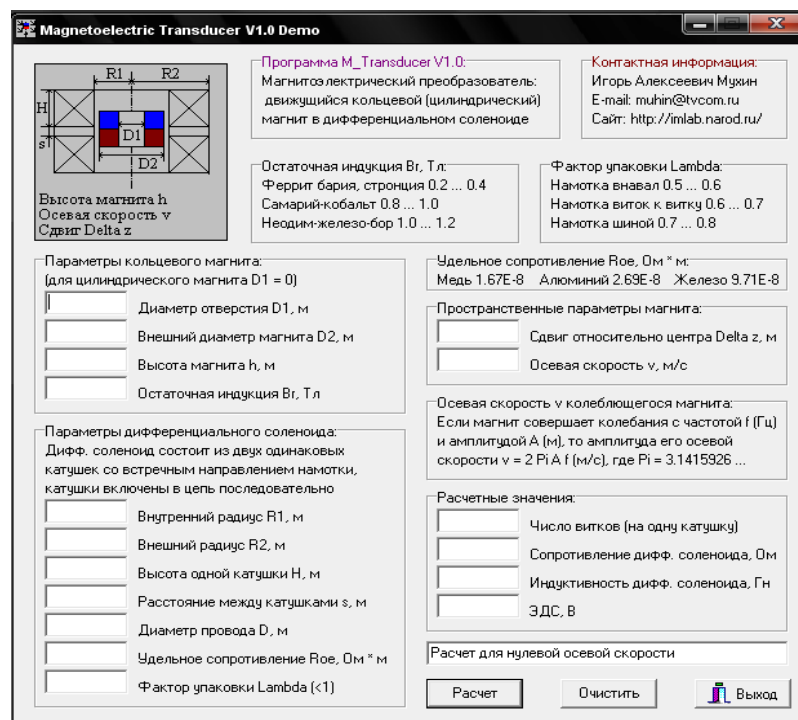


Рисунок 3.7 – Интерфейс программы

Magnetoelectric Transducer V1.0 Demo

Высота магнита h
Осевая скорость v
Сдвиг Delta z

Программа M_Transducer V1.0:
Магнитозлектрический преобразователь:
движущийся кольцевой (цилиндрический)
магнит в дифференциальном соленоиде

Контактная информация:
Игорь Алексеевич Мухин
E-mail: muhin@tycom.ru
Сайт: http://imlab.narod.ru/

Остаточная индукция B_r, Тл:
Феррит бария, стронция 0.2 ... 0.4
Самарий-кобальт 0.8 ... 1.0
Неодим-железо-бор 1.0 ... 1.2

Фактор упаковки Lambda:
Намотка внавал 0.5 ... 0.6
Намотка виток к витку 0.6 ... 0.7
Намотка шиной 0.7 ... 0.8

Параметры кольцевого магнита:
(для цилиндрического магнита D1 = 0)

0,04 Диаметр отверстия D1, м
0,052 Внешний диаметр магнита D2, м
0,093 Высота магнита h, м
0,9 Остаточная индукция B_r, Тл

Удельное сопротивление R_{оe}, Ом * м:
Медь 1.67E-8 Алюминий 2.69E-8 Железо 9.71E-8

Пространственные параметры магнита:
0 Сдвиг относительно центра Delta z, м
0 Осевая скорость v, м/с

Параметры дифференциального соленоида:
Дифф. соленоид состоит из двух одинаковых катушек со встречным направлением намотки, катушки включены в цепь последовательно

0,037 Внутренний радиус R1, м
0,04 Внешний радиус R2, м
0,1 Высота одной катушки H, м
0,001 Расстояние между катушками s, м
0,0001 Диаметр провода D, м
1,67E-8 Удельное сопротивление R_{оe}, Ом * м
0,78 Фактор упаковки Lambda (<1)

Осевая скорость v колеблющегося магнита:
Если магнит совершает колебания с частотой f (Гц) и амплитудой A (м), то амплитуда его осевой скорости $v = 2 \pi A f$ (м/с), где $\pi = 3.1415926 \dots$

Расчетные значения:
Число витков (на одну катушку)
Сопротивление дифф. соленоида, Ом
Индуктивность дифф. соленоида, Гн
ЭДС, В

Расчет для нулевой осевой скорости

Расчет
Очистить
Выход

Рисунок 3.8 – Ввод исходных данных

Magnetoelectric Transducer V1.0 Demo

Высота магнита h
Осевая скорость v
Сдвиг Delta z

Программа M_Transducer V1.0:
Магнитозлектрический преобразователь:
движущийся кольцевой (цилиндрический)
магнит в дифференциальном соленоиде

Контактная информация:
Игорь Алексеевич Мухин
E-mail: muhin@tycom.ru
Сайт: http://imlab.narod.ru/

Остаточная индукция B_r, Тл:
Феррит бария, стронция 0.2 ... 0.4
Самарий-кобальт 0.8 ... 1.0
Неодим-железо-бор 1.0 ... 1.2

Фактор упаковки Lambda:
Намотка внавал 0.5 ... 0.6
Намотка виток к витку 0.6 ... 0.7
Намотка шиной 0.7 ... 0.8

Параметры кольцевого магнита:
(для цилиндрического магнита D1 = 0)

0,04 Диаметр отверстия D1, м
0,052 Внешний диаметр магнита D2, м
0,093 Высота магнита h, м
0,9 Остаточная индукция B_r, Тл

Удельное сопротивление R_{оe}, Ом * м:
Медь 1.67E-8 Алюминий 2.69E-8 Железо 9.71E-8

Пространственные параметры магнита:
0 Сдвиг относительно центра Delta z, м
0 Осевая скорость v, м/с

Параметры дифференциального соленоида:
Дифф. соленоид состоит из двух одинаковых катушек со встречным направлением намотки, катушки включены в цепь последовательно

0,037 Внутренний радиус R1, м
0,04 Внешний радиус R2, м
0,1 Высота одной катушки H, м
0,001 Расстояние между катушками s, м
0,0001 Диаметр провода D, м
1,67E-8 Удельное сопротивление R_{оe}, Ом * м
0,78 Фактор упаковки Lambda (<1)

Осевая скорость v колеблющегося магнита:
Если магнит совершает колебания с частотой f (Гц) и амплитудой A (м), то амплитуда его осевой скорости $v = 2 \pi A f$ (м/с), где $\pi = 3.1415926 \dots$

Расчетные значения:
2,979E4 Число витков (на одну катушку)
3,065E4 Сопротивление дифф. соленоида, Ом
63,35 Индуктивность дифф. соленоида, Гн
0 ЭДС, В

Расчет для нулевой осевой скорости

Расчет
Очистить
Выход

Рисунок 3.9 – Выходные данные

3.5.2 Расчет малой катушки

Конструктивные параметры:

- Диаметр отверстия $D1 = 18 \text{ мм} = 0,018 \text{ м}$
- Внешний диаметр магнита $D2 = 26,5 \text{ мм} = 0,0265 \text{ м}$
- Высота магнита $h = 44,5 \text{ мм} = 0,0445 \text{ м}$
- Остаточная индукция $Br = 0.9 \text{ Тл}$
- Сдвиг относительно центра $dz = 0$.
- Внутренний радиус $R1 = 14,5 \text{ мм} = 0,0145 \text{ м}$
- Внешний радиус $R2 = 18 \text{ мм} = 0,018 \text{ м}$
- Высота одной катушки $H = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}$
- Расстояние между катушками $s = 0 \text{ мм}$
- Диаметр провода $D = 1 \text{ мм} = 0,0001 \text{ м}$
- Фактор упаковки $\Lambda = 0,78$
- Частота 0 Гц (ток постоянный)
- Напряжение 12 В

Мagnetoelectric Drive V1.0 Demo

Программа M_Drive V1.0:
Магнитoeлектрический привод:
кольцевой (цилиндрический) магнит
в дифференциальном соленоиде

Контактная информация:
Игорь Алексеевич Мушин
E-mail: muhin@tvcom.ru
URL: http://imlab.narod.ru/

Остаточная индукция B_r , Тл:
Феррит бария, стронция 0.2 - 0.4
Самарий-кобальт 0.8 - 1.0
Неодим-железо-бор 1.0 - 1.2

Фактор упаковки Λ :
Намотка внавал 0.5 - 0.6
Намотка виток к витку 0.6 - 0.7
Намотка шиной 0.7 - 0.8

Параметры кольцевого магнита:
(для цилиндрического магнита $D1 = 0$)
0.018 Диаметр отверстия $D1$, м
0.0265 Внешний диаметр магнита $D2$, м
0.0445 Высота магнита h , м
0.9 Остаточная индукция B_r , Тл
0 Сдвиг относительно центра dz , м

Параметры дифференциального соленоида:
Дифф. соленоид состоит из двух одинаковых
катушек со встречным направлением намотки,
катушки включены в цепь последовательно
0.0145 Внутренний радиус $R1$, м
0.018 Внешний радиус $R2$, м
0.05 Высота одной катушки H , м
0.0001 Расстояние между катушками s , м
0.0001 Диаметр провода D , м
0.78 Фактор упаковки Λ (<1)

Параметры источника питания:
0 Частота, Гц
12 Действующее напряжение, В

Расчетные значения:
1.738E4 Число витков (на одну катушку)
7546 Сопротивление дифф. соленоида, Ом
7.675 Индуктивность дифф. соленоида, Гн
0.00159 Потребляемый действующий ток, А
0.01908 Потребляемая мощность, Вт
0.2341 Развиваемое действующее усилие, Н
147.2 Усилие на единицу тока, Н/А
12.27 Усилие на единицу мощности, Н/Вт

Готов ...

Расчет Очистить Выход

Рисунок 3.10 – Расчет параметров для поршня

Magnetoelectric Transducer V1.0 Demo

Высота магнита h
Осевая скорость v
Сдвиг Delta z

Программа M_Transducer V1.0:
Магнитоэлектрический преобразователь:
движущийся кольцевой (цилиндрический)
магнит в дифференциальном соленоиде

Контактная информация:
Игорь Алексеевич Мухин
E-mail: muhin@tvcom.ru
Сайт: <http://imlab.narod.ru/>

Остаточная индукция Br, Тл:
 Феррит бария, стронция 0.2 ... 0.4
 Самарий-кобальт 0.8 ... 1.0
 Неодим-железо-бор 1.0 ... 1.2

Фактор упаковки Lambda:
 Намотка внавал 0.5 ... 0.6
 Намотка виток к витку 0.6 ... 0.7
 Намотка шиной 0.7 ... 0.8

Параметры кольцевого магнита:
(для цилиндрического магнита D1 = 0)

0.018 Диаметр отверстия D1, м
 0.0265 Внешний диаметр магнита D2, м
 0.0445 Высота магнита h, м
 0.9 Остаточная индукция Br, Тл

Удельное сопротивление R_{0e}, Ом * м:
 Медь 1.67E-8 Алюминий 2.69E-8 Железо 9.71E-8

Пространственные параметры магнита:
 0 Сдвиг относительно центра Delta z, м
 0 Осевая скорость v, м/с

Параметры дифференциального соленоида:
 Дифф. соленоид состоит из двух одинаковых
 катушек со встречным направлением намотки,
 катушки включены в цепь последовательно

0.0145 Внутренний радиус R1, м
 0.018 Внешний радиус R2, м
 0.05 Высота одной катушки H, м
 0.0001 Расстояние между катушками s, м
 0.0001 Диаметр провода D, м
 1.67E-8 Удельное сопротивление R_{0e}, Ом * м
 0.78 Фактор упаковки Lambda (<1)

Осевая скорость v колеблющегося магнита:
 Если магнит совершает колебания с частотой f (Гц)
 и амплитудой A (м), то амплитуда его осевой
 скорости v = 2 Pi A f (м/с), где Pi = 3.1415926 ...

Расчетные значения:
 2.979E4 Число витков (на одну катушку)
 3.065E4 Сопротивление дифф. соленоида, Ом
 63.35 Индуктивность дифф. соленоида, Гн
 0 ЭДС, В

Расчет для нулевой осевой скорости

Расчет
Очистить
Выход

Рисунок 3.11 – Исходные параметры

Magnetoelectric Transducer V1.0 Demo

Высота магнита h
Осевая скорость v
Сдвиг Delta z

Программа M_Transducer V1.0:
Магнитоэлектрический преобразователь:
движущийся кольцевой (цилиндрический)
магнит в дифференциальном соленоиде

Контактная информация:
Игорь Алексеевич Мухин
E-mail: muhin@tvcom.ru
Сайт: <http://imlab.narod.ru/>

Остаточная индукция Br, Тл:
 Феррит бария, стронция 0.2 ... 0.4
 Самарий-кобальт 0.8 ... 1.0
 Неодим-железо-бор 1.0 ... 1.2

Фактор упаковки Lambda:
 Намотка внавал 0.5 ... 0.6
 Намотка виток к витку 0.6 ... 0.7
 Намотка шиной 0.7 ... 0.8

Параметры кольцевого магнита:
(для цилиндрического магнита D1 = 0)

0.018 Диаметр отверстия D1, м
 0.0265 Внешний диаметр магнита D2, м
 0.0445 Высота магнита h, м
 0.9 Остаточная индукция Br, Тл

Удельное сопротивление R_{0e}, Ом * м:
 Медь 1.67E-8 Алюминий 2.69E-8 Железо 9.71E-8

Пространственные параметры магнита:
 0 Сдвиг относительно центра Delta z, м
 0 Осевая скорость v, м/с

Параметры дифференциального соленоида:
 Дифф. соленоид состоит из двух одинаковых
 катушек со встречным направлением намотки,
 катушки включены в цепь последовательно

0.0145 Внутренний радиус R1, м
 0.018 Внешний радиус R2, м
 0.05 Высота одной катушки H, м
 0.0001 Расстояние между катушками s, м
 0.0001 Диаметр провода D, м
 1.67E-8 Удельное сопротивление R_{0e}, Ом * м
 0.78 Фактор упаковки Lambda (<1)

Осевая скорость v колеблющегося магнита:
 Если магнит совершает колебания с частотой f (Гц)
 и амплитудой A (м), то амплитуда его осевой
 скорости v = 2 Pi A f (м/с), где Pi = 3.1415926 ...

Расчетные значения:
 1.738E4 Число витков (на одну катушку)
 7546 Сопротивление дифф. соленоида, Ом
 7.675 Индуктивность дифф. соленоида, Гн
 0 ЭДС, В

Расчет для нулевой осевой скорости

Расчет
Очистить
Выход

Рисунок 3.12 – Выходные параметры

3.6 Выводы

Для тормозной системы автомобиля среднего класса были проведены расчеты, обеспечивающие ее надежную работу.

4 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Конструкция изделия, которое проектируется должно быть технологично, а также позволять обеспечивать возможность организации его рентабельного производства. Конструкция, разрабатываемой адаптивной тормозной системы легкового автомобиля, будет подвергнута анализу по ряду технико-экономических показателей.

Раздел включает в себя определение заработной платы разработчиков, отчислений на социальные нужды, материальных затрат, затрат на содержание оборудования, транспортных расходов, аренды помещения, амортизации оборудования и прочих затрат.

4.1 Заработная плата разработчиков [10]

$$C_{з.осн} = T \cdot C_{час}, \quad (4.1),$$

где $C_{з.осн}$ - основная заработная плата; руб.

T - количество часов (срок работы); час

$C_{час}$ - средняя часовая ставка. руб/час

Таблица 4.1 – Заработная плата разработчиков.

№ п\п	Вид работ	Число работающих, чел	Количество часов работы, час
1	2	3	4
1.	Разработка систем с оформлением технического задания	2	300
2.	Разработка констр. документации	2	120

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
3.	Изготовление опытных образцов	4	100
4.	Испытание и доработка опытных образцов	2	400
5.	Разработка технической документации	2	160
ИТОГО:		12	1080

Принимаем среднюю ставку равной $C_{\text{час}} = 100 \text{ руб./час}$.

Таким образом $C_{\text{з.осн}} = 1080 \cdot 100 = 108000 \text{ руб.}$

Дополнительная заработная плата и премии из фонда заработной платы составляют 15% $C_{\text{з.осн}}$.

$$C_{\text{з.доп}} = 0,15 \cdot 108000 = 16200 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы разработчиков равен:

$$\Phi ЗП_{\text{раз.}} = C_{\text{з.осн.}} + C_{\text{з.доп.}} = 108000 + 16200 = 124200 \text{ руб.} \quad (4.2)$$

4.2 Отчисления на социальные нужды

ЕСН составляет 30% от $\Phi ЗП_{\text{раз.}}$ и распределяется по статьям в соответствии с таблицей 4.2

Таблица 4.2 – Отчисления на социальные нужды

№ п\п	Отчисления	% от ФЗП	Сумма, руб
1	2	3	4
1	В пенсионный фонд	22	32075
2	На социальное страхование	2,9	4228,6
3	На обязательное медицинское страхование	5,1	7435,8
ИТОГО:		30	43740,4

Таблица 4.3 – Спецификация деталей

№ п/п	Наименование детали изделия	Кол-во деталей в изделии, шт.	Марка материала	Вид детали (унифицированная, оригинальная, заимствованная).
1	2	3	4	5
1	Рулевая колонка	1	Сталь 30М	Оригинальная
2	Опорная рама	1	Сталь 30М	Оригинальная
3	Приборная доска	1	Пластмасс	Оригинальная
4	Опорная консоль	1	Сталь 30М	Оригинальная
5	Трубки для подачи сжатого воздуха	2	Резина армированная	Оригинальная
6	Электромагнитная катушка	1	Медь	Оригинальная
7	Якорь	1	Сталь 3	Оригинальная
8	Трубки подачи электрических жгутов	2	Пластик	Оригинальная

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5
9	Камеры видеонаблюдения	5	Антивандалный полимер	Оригинальная
10	Модуль ГЛОНАС	1	Пластик	Оригинальная
11	Датчики	8	Пластик	Оригинальная
12	Компьютер	1	Сталь 20Х	Оригинальная

4.3 Прогнозная оценка себестоимости массового производства проектируемого узла [11]

Прогнозная оценка себестоимости массового производства проектируемого узла применительно к условиям его массового выпуска включает следующие этапы:

- расчет затрат на основные материалы;
- расчет затрат на покупаемые комплектующие изделия.

4.3.1 Расчет затрат на основные материалы

Коэффициент использования материала выбирается. Норма расхода материала на одну деталь рассчитывается по формуле:

$$H_p = \frac{G_{дет}}{K_{им}} \quad , \quad (4.9)$$

где $G_{дет}$ - чистая масса детали по чертежу, кг;

$K_{им}$ - коэффициент использования материала.

$$H_p = \frac{150}{0,5} = 300 \text{ кг}$$

Затраты на основные материалы по каждому наименованию детали рассчитываются по формуле:

$$З = N_p \cdot Ц \cdot N_o, \quad (4.10)$$

где N_p - норма расхода материала в кг на одну деталь;

$Ц$ - цена материала в руб. за кг;

N_o - кол-во деталей одного наименования на узел.

$$З = 300 \cdot 25 \cdot 14 = 104230$$

Расчет затрат на основные материалы сводиться в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Затраты на основные материалы.

№ п/п	Наименование	Кол-во деталей	Затрата в руб.
1	Рулевая колонка	1	2000
2	Опорная рама	1	500
3	Приборная доска	1	4000
4	Опорная консоль	1	600
5	Трубки для подачи сжатого воздуха	2	500
6	Электромагнитная катушка	1	500
7	Якорь	1	200
8	Трубки подачи электрических жгутов	2	100
9	Камеры видеонаблюдения	5	10230
10	Модуль	1	18000
11	Датчик	8	25600
12	Компьютер	1	30000
ИТОГО			104230

4.3.2 Определение затрат на покупные комплектующие детали и изделия

К покупным комплектующим деталям и изделиям относятся крепежные детали, подшипники, пружины, электронные изделия и др. Почти все они являются стандартными или унифицированными. Цены на эти детали берутся из прейскурантов.

Таблица 4.6 – Спецификация покупных комплектующих деталей и изделий.

№	Наименование	Кол-во, шт.	Цена, руб. за	Сумма, руб.
1	Шайба	31	0,7	21,7
2	Пружина	2	35	70
3	Болт	26	3,5	91
4	Гайка	29	1,5	43,5
5	Саморез	18	1	18
Итого:				244,2

4.3.3 Затраты на монтажные работы

Таблица. 4.7 – Оборудование для сборки системы

№ п\п	Наименование	Стоимость, руб
1	Комплект инструментов для сборки	1500
2	Комплект инструментов для монтажа	2000
3	Аренда испытательного стенда	3000
ИТОГО:		6500

4.3.4 Затраты на содержание оборудования [11]

Затраты на содержание оборудования примем в размере 7% от стоимости оборудования:

$$Z_{об} = 0,07 \cdot Z$$

$$Z_{об} = 0,07 \cdot 104230 = 7296 \text{ руб.}$$

4.3.5 Транспортные расходы [11]

Транспортные расходы принимаются в размере 8% от стоимости комплектующих и эксплуатационных материалов.

$$З_{mp} = 0,08 \cdot З_{м}$$

$$З_{mp} = 0,08 \cdot 6500 = 520 \text{ руб.}$$

4.3.5 Амортизация оборудования

Амортизация оборудования определяется линейным способом по формуле:

$$A = \frac{Ц_{обр}}{t_{сл}}, \quad (4.11)$$

где $Ц_{обр}$ -цена оборудования, $t_{сл}$ -срок службы

$$A = \frac{104230}{7} = 14890 \text{руб.}$$

4.3.7 Прочие затраты

К этой статье относятся расходы на приобретение канцелярских товаров, оплата услуг связи, банка и пр.

Прочие затраты составляют около 5% от затрат на основные материалы:

$$З_{np} = 0,05 \cdot 104230 = 5112 \text{руб.}$$

Таблица 4.8 – Общие затраты на этапе разработки

№ п\п	Статьи затрат	Сумма, руб
1	2	3
1	Затраты на основные материалы	104230
2	Затраты на монтажные работы	6500
3	Затраты на содержание оборудования	7296
4	Транспортные расходы	520
5	Амортизация оборудования	14890
6	Прочие затраты	5212
ИТОГО:		138128

Данную переорганизацию адаптивной тормозной системы установят только на 10% автомобилях, то есть на тысячу автомобилей.

Текущие затраты на переоборудование будут составлять $Z_{тек} = 104230000$ руб.

Единовременные затраты на переоборудование будут $Z_{тек} = 13812000$ руб.

Таблица 4.9 – Сводный сметный расчет

№ п/п	Статьи затрат	Новое оборудование, руб.	Базовое оборудование, руб.
1	2	3	4
1	Затраты на основные материалы		
1.2	Рулевая колонка	2000	1000
	Опорная рама	500	500
	Приборная доска	4000	1000
1.3	Опорная консоль	600	-
1.4	Трубки для подачи сжатого воздуха	500	-

Продолжение таблицы 4.9

1.5	Электромагнитная катушка	500	-
1.6	Якорь	200	-
1.7	Трубки подачи электрических жгутов	100	-
1.8	Камеры видеонаблюдения	10230	-
1.9	Модуль	8000	-
1.10	Датчики	25600	-
1.11	Компьютер	30000	-
	ИТОГО:	104230	2500
2	Затраты на монтажные работы	6500	6500
1	2	3	4
3	Затраты на содержание оборудования	7296	175
4	Транспортные расходы	520	200
5	Амортизация оборудования	14890	357
6	Прочие затраты	5212	125
	ИТОГО:	138128	7357

Для расчета срока окупаемости предлагаемого оборудования определяется коэффициент экономической эффективности по формуле:

$$E = \frac{C_2 - C_1}{K_2 - K_1}, \quad (4.12)$$

где C_2 , C_1 – текущие затраты на предлагаемые и на базовое оборудование соответственно, руб. C_1 и C_2 из таблицы 4.9.

K_2 , K_1 – единовременные затраты на предлагаемое и базовое оборудование соответственно, руб:

$$E = \frac{104230 - 2500}{138128 - 7357} = 0,78.$$

Срок окупаемости оборудования определяется по формуле:

$$T = \frac{1}{E} \quad (4.13)$$

$$T = \frac{1}{0,78} = 1,28.$$

4.4 Выводы

Экономический анализ адаптивной тормозной системы показал, что разработка является актуальной и эффективной. Актуальность разработки заключается в том, что разработанные устройства – оптимальное решение по показателю «цена – качество».

Эффективность разработки состоит в том, что она влияет на безопасность работы водителя и дорожного движения в целом

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В каждой из основных разделов выпускной квалификационной работы были подробно освещены основные вопросы.

В частности:

1) в разделе состояние вопроса рассмотрены различные виды систем активной безопасности;

2) разделе конструкции модернизированной системы тормозов рассмотрены: анализ аварийности; требования, предъявляемые к тормозной системе; тормозной путь: понятие, определение, расчет; система мониторинга ГЛОНАСС; адаптивная система тормозов: состав, алгоритм работы; контрольно-измерительные приборы адаптивной системы тормозов; Акселерометр; ультразвуковой измеритель расстояния.

3) в конструкторском разделе выполнены следующие виды расчетов: расчет тормозной системы для автомобиля среднего класса; расчет осей на прочность; расчет пружины накатного устройства; расчет пружины демпфера; расчет электромагнитных параметров.

4) в экономической части выпускной квалификационной работе проведен расчет себестоимости и отпускной цены, определены эксплуатационные затраты и экономический эффект от внедрения в полноприводную трансмиссию электромагнитной муфты.

Таким образом, поставленные задачи выполнены, цель дипломного проекта, направленная на повышение активной безопасности автомобиля – достигнута.

№ п/п	Показатели	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	Капитальные вложения в проект, руб.	7357	138128
2	Экономический эффект, руб.	–	104230
3	Коэффициент экономической эффективности	–	0,78
4	Срок окупаемости, лет	-	1,28

Цель выпускной квалификационной работы повышение активной безопасности путем модернизации тормозной системы

Задачи выпускной квалификационной работы:

Выполнить обзор существующих систем активной безопасности на транспортных средствах

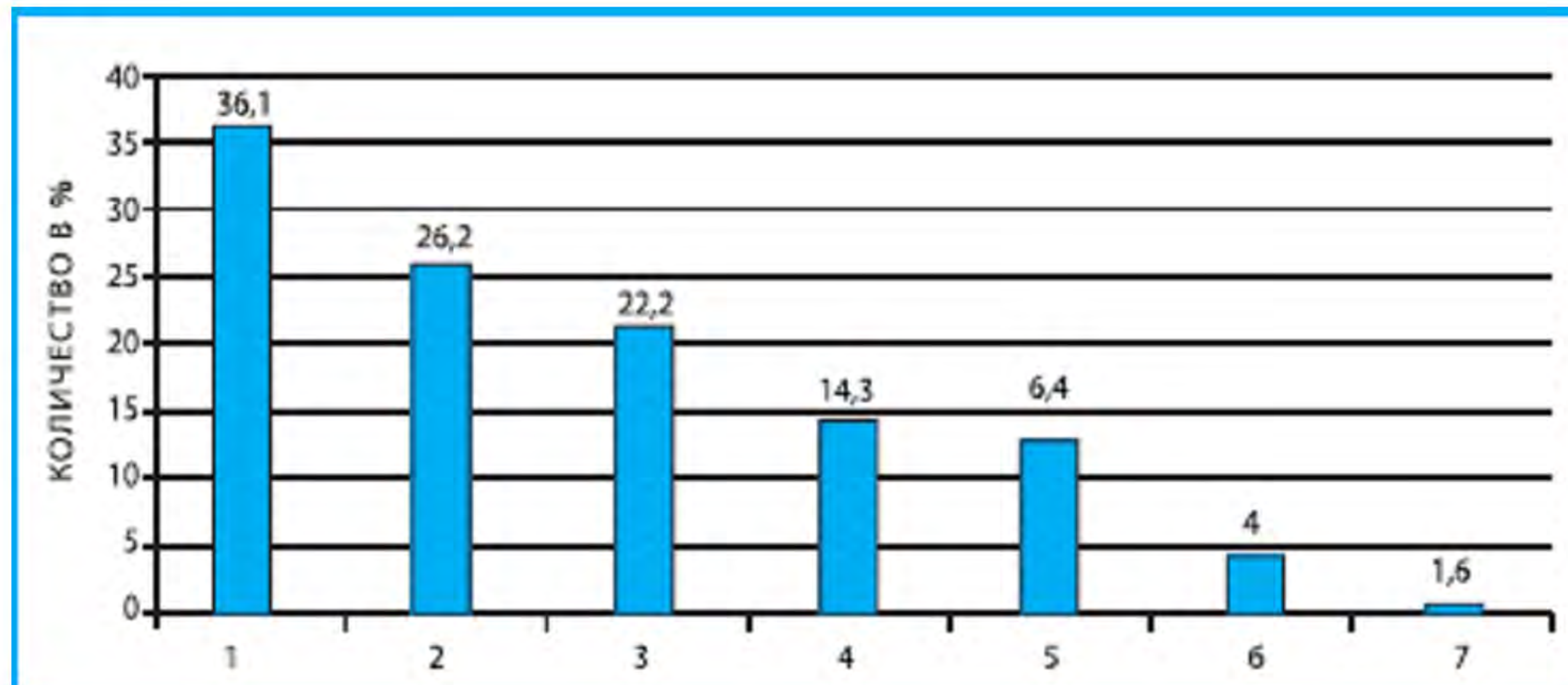
Разработать конструкцию модернизированной тормозной системы

Выполнить расчет элементов конструкции тормозной системы

Оценить экономическую эффективность от модернизации тормозной системы

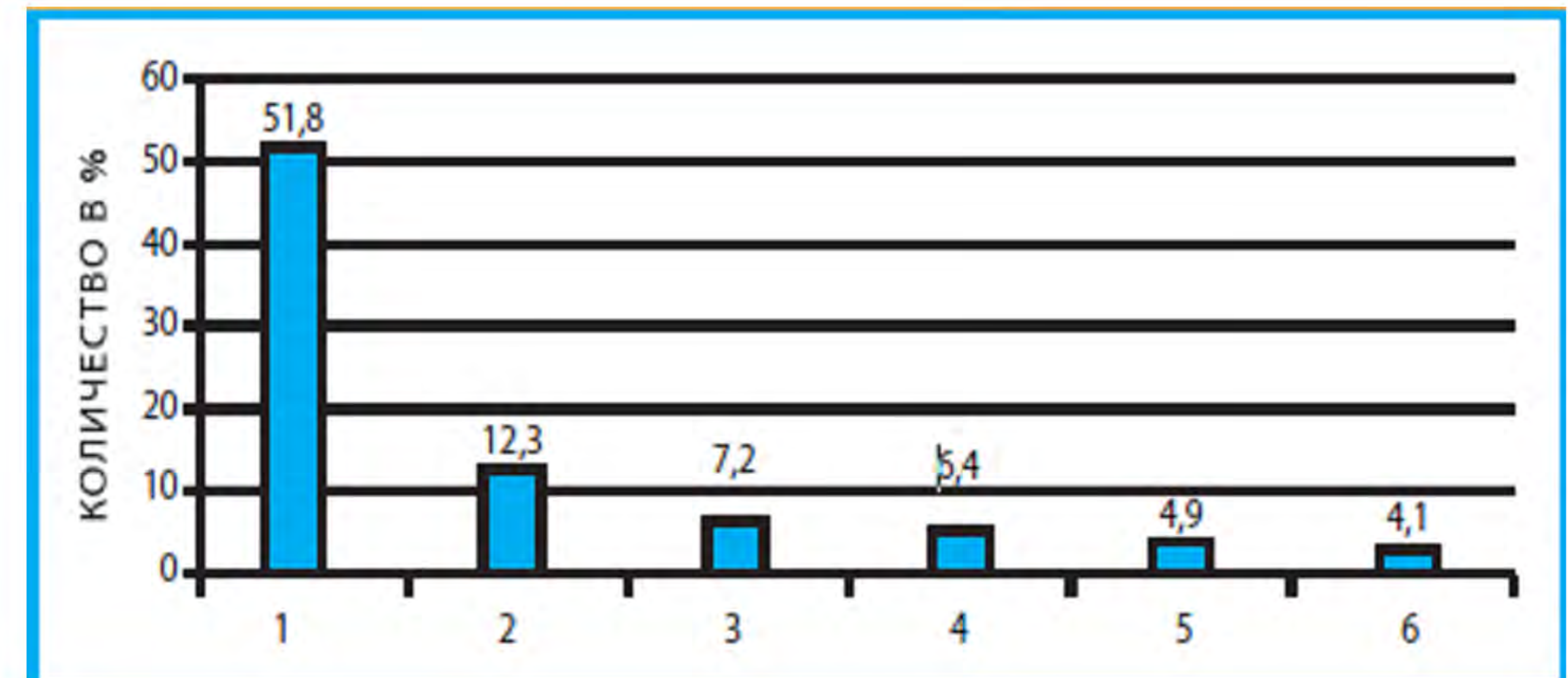
статистика ДТП

1. Нарушение правил дорожного движения участниками дорожного движения.
2. Техническая неисправность транспортных средств (ТС)
3. Неудовлетворительное состояние автомобильных дорог
4. Негативное воздействие природных факторов



Относительное (%) количество ДТП по основным видам технических неисправностей ТС:

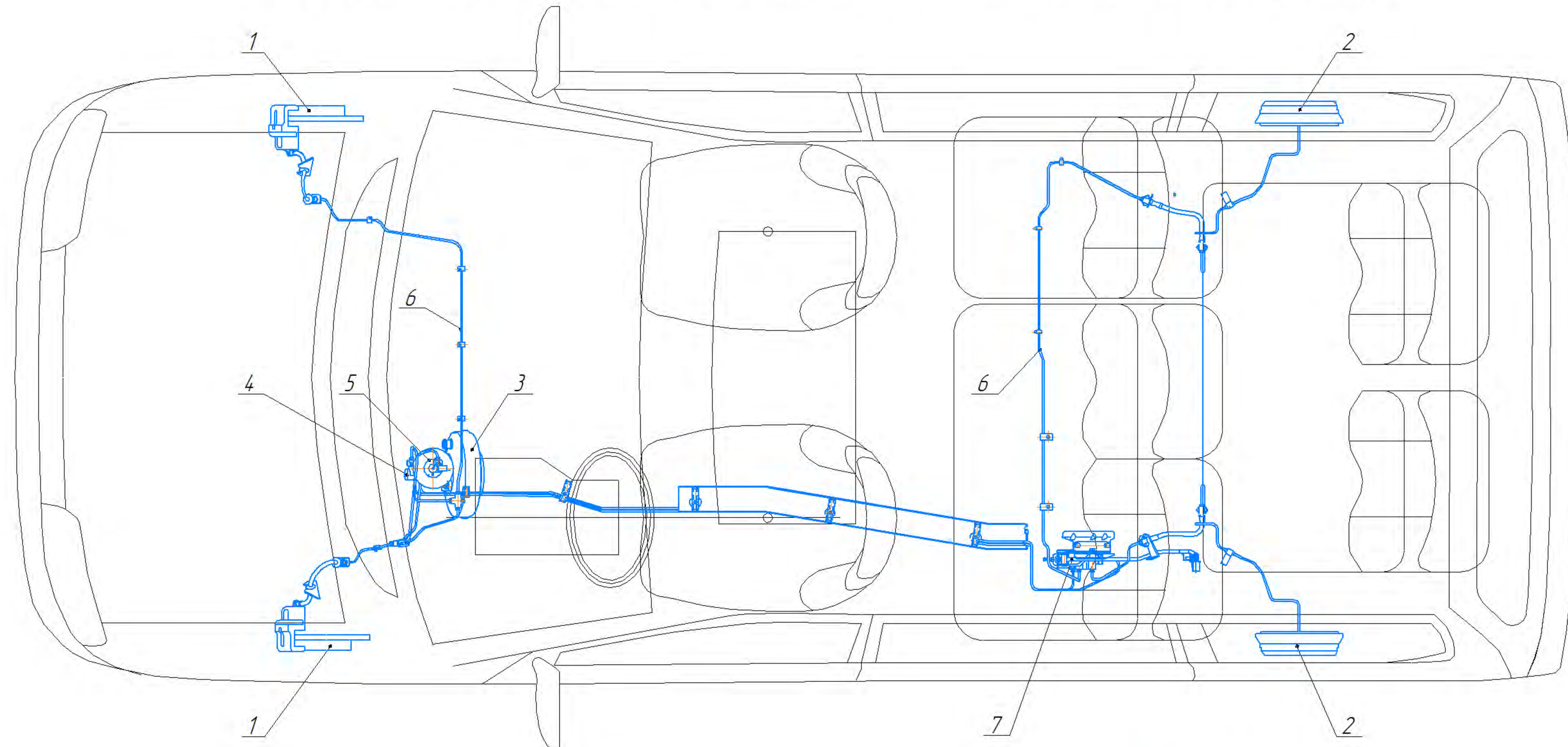
1 – неисправность тормозной системы; 2 – неисправность внешних световых приборов; 3 – неисправность сцепного устройства; 4 – износ резины колес; 5 – неисправность рулевого управления; 6 – отсоединение колеса; 7 – несоответствие шин модели ТС и др.



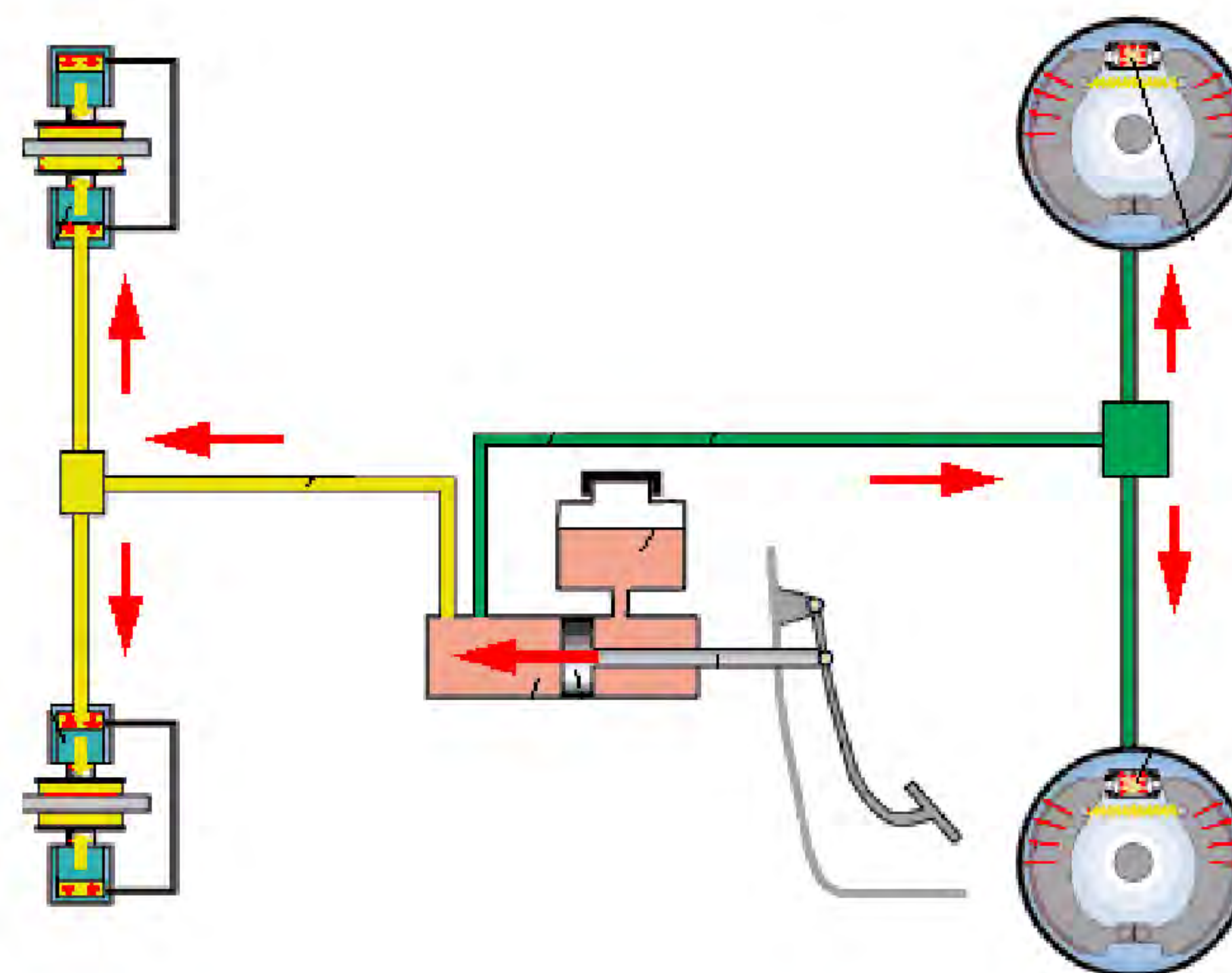
Относительное (%) количество ДТП по основным видам неудовлетворительного состояния автомобильных дорог:

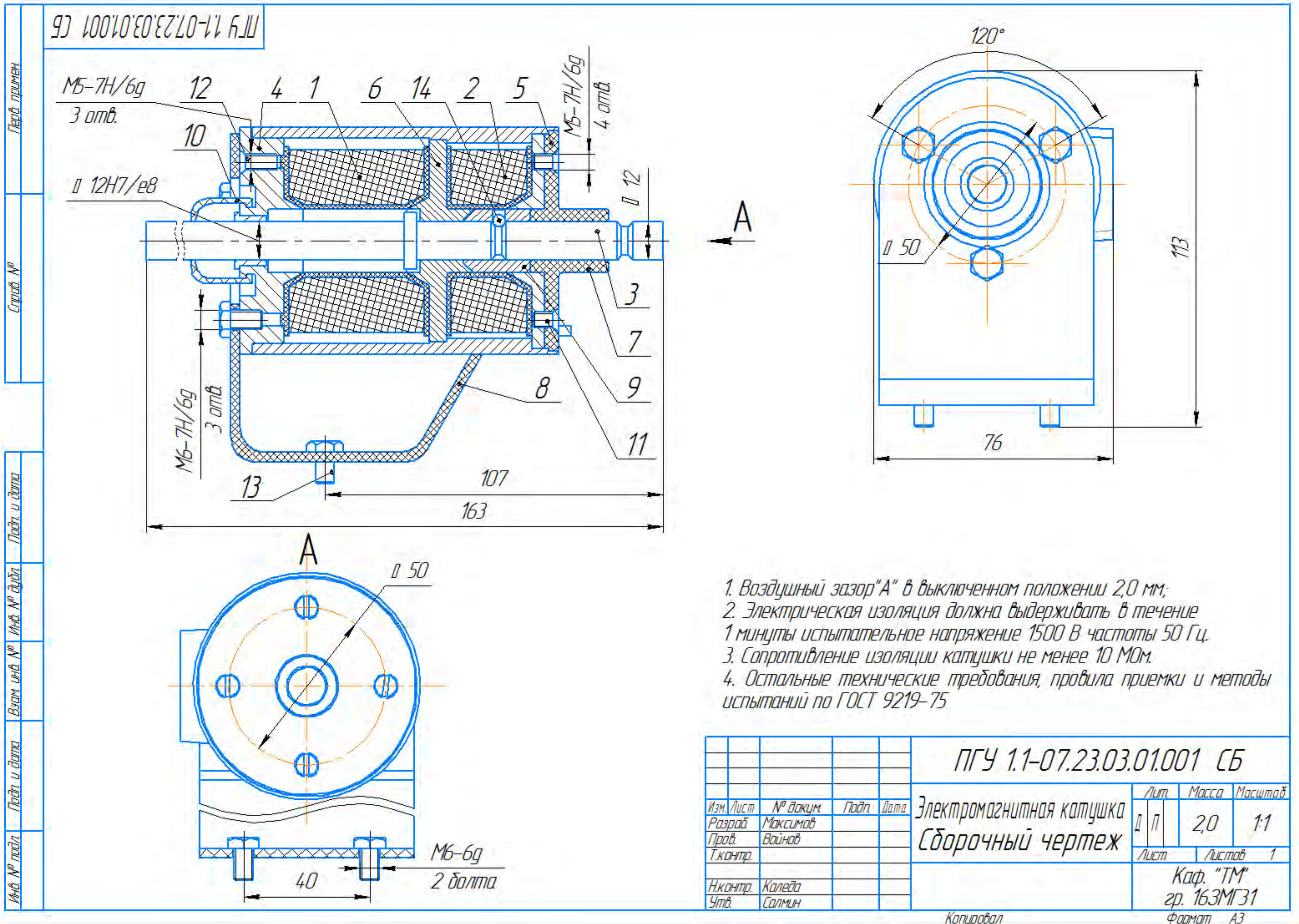
1 – низкие сцепные качества покрытия; 2 – недостаточное или неисправное освещение дороги; 3 – неровное покрытие дорожного полотна; 4 – ограниченная видимость; 5 – дефекты дорожного полотна; плохая разметка дороги и др.

ОБЩИЙ ВИД ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ



1. Передние тормозные механизмы
2. Задние тормозные механизмы
3. Вакуумный усилитель
4. Главный тормозной цилиндр
5. Расширительный бачок
6. Система трубопроводов
7. Регулятор давления





БОРТОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



Система ГЛОНАСС



Датчик давления
в тормозной системе



Датчик скорости



Блок управления двигателем



КОНТРОЛЛЕР



Панель приборов



Акселерометр

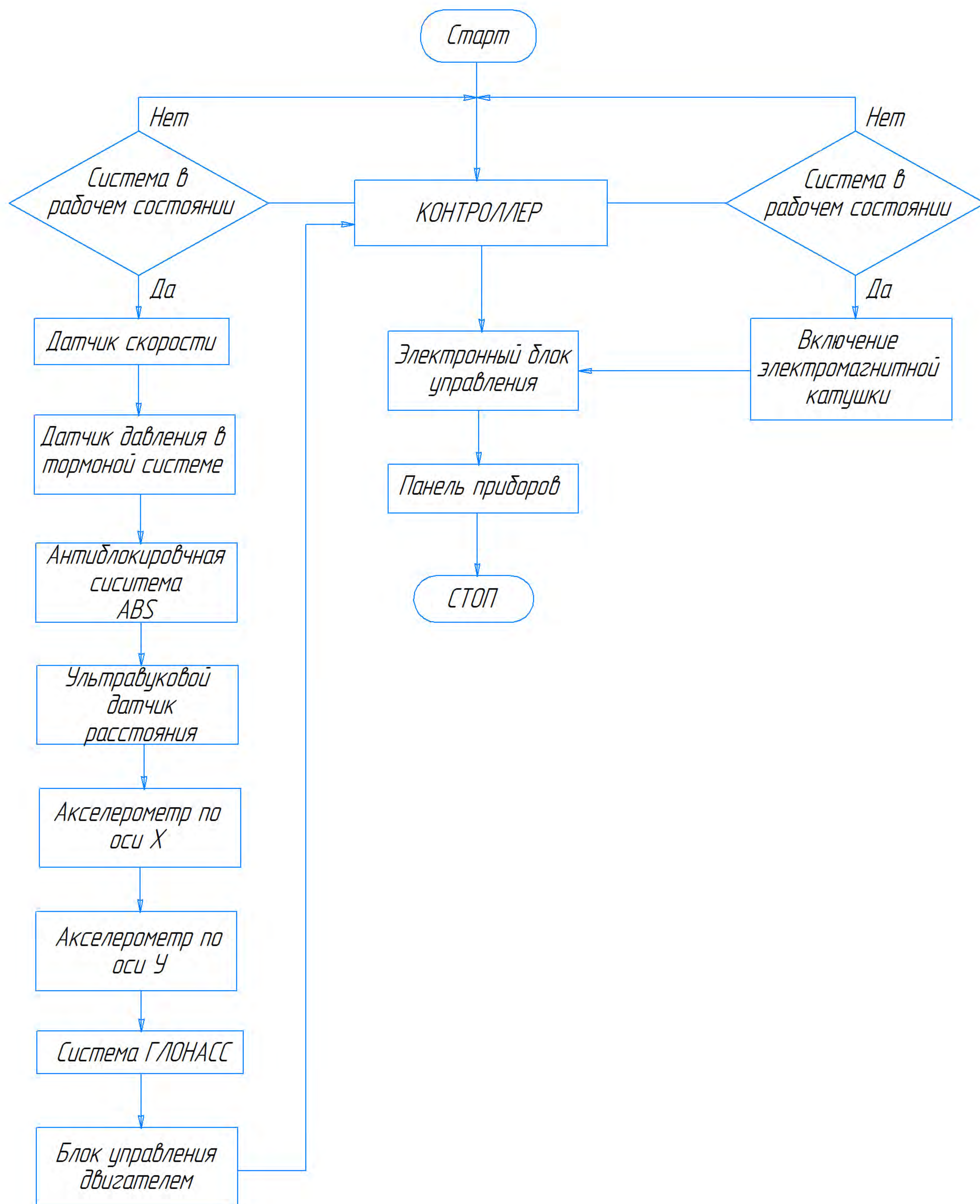


Ультразвуковой
датчик расстояния



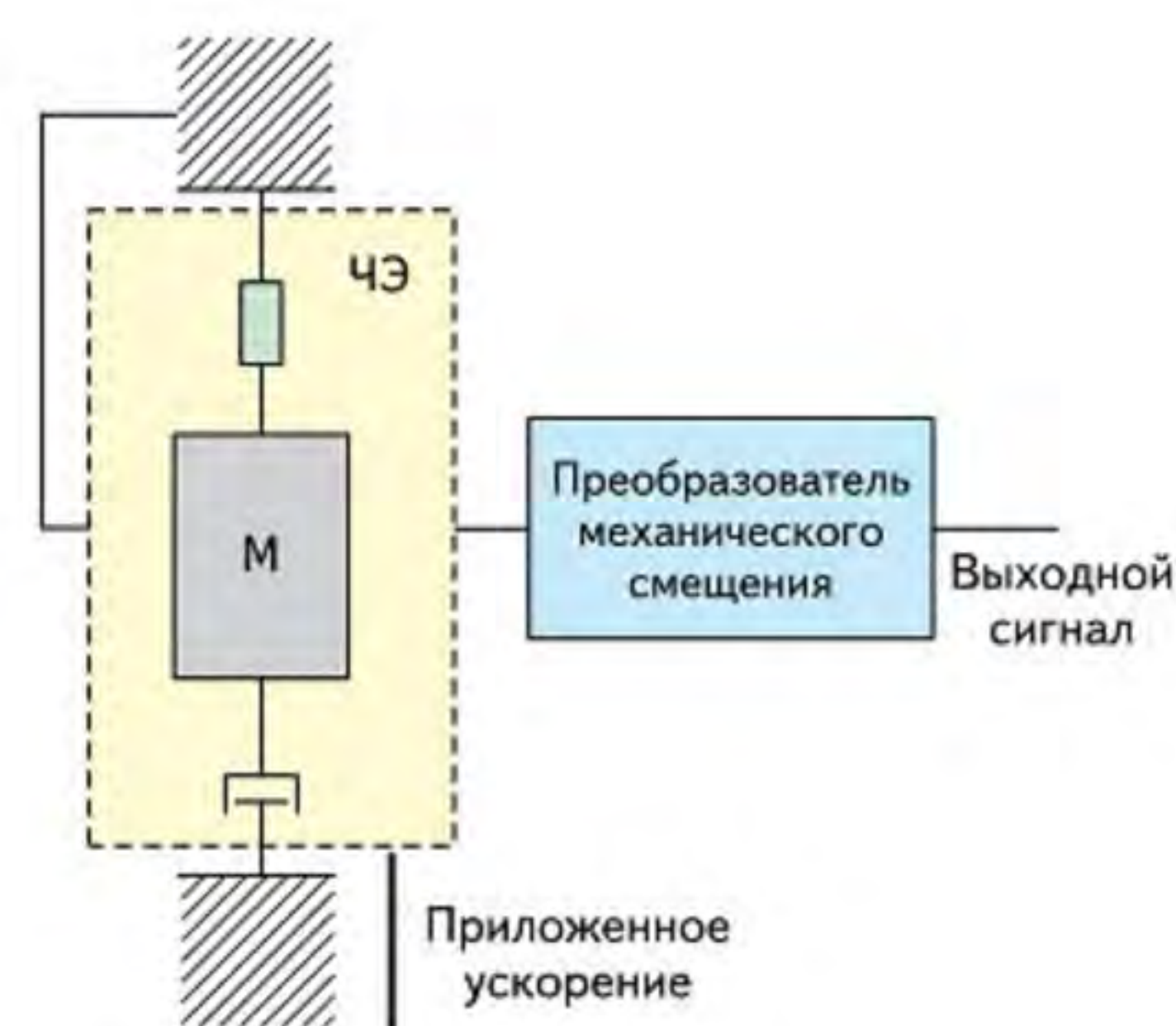
Антиблокировочная
система ABS

Алгоритм работы системы активной безопасности

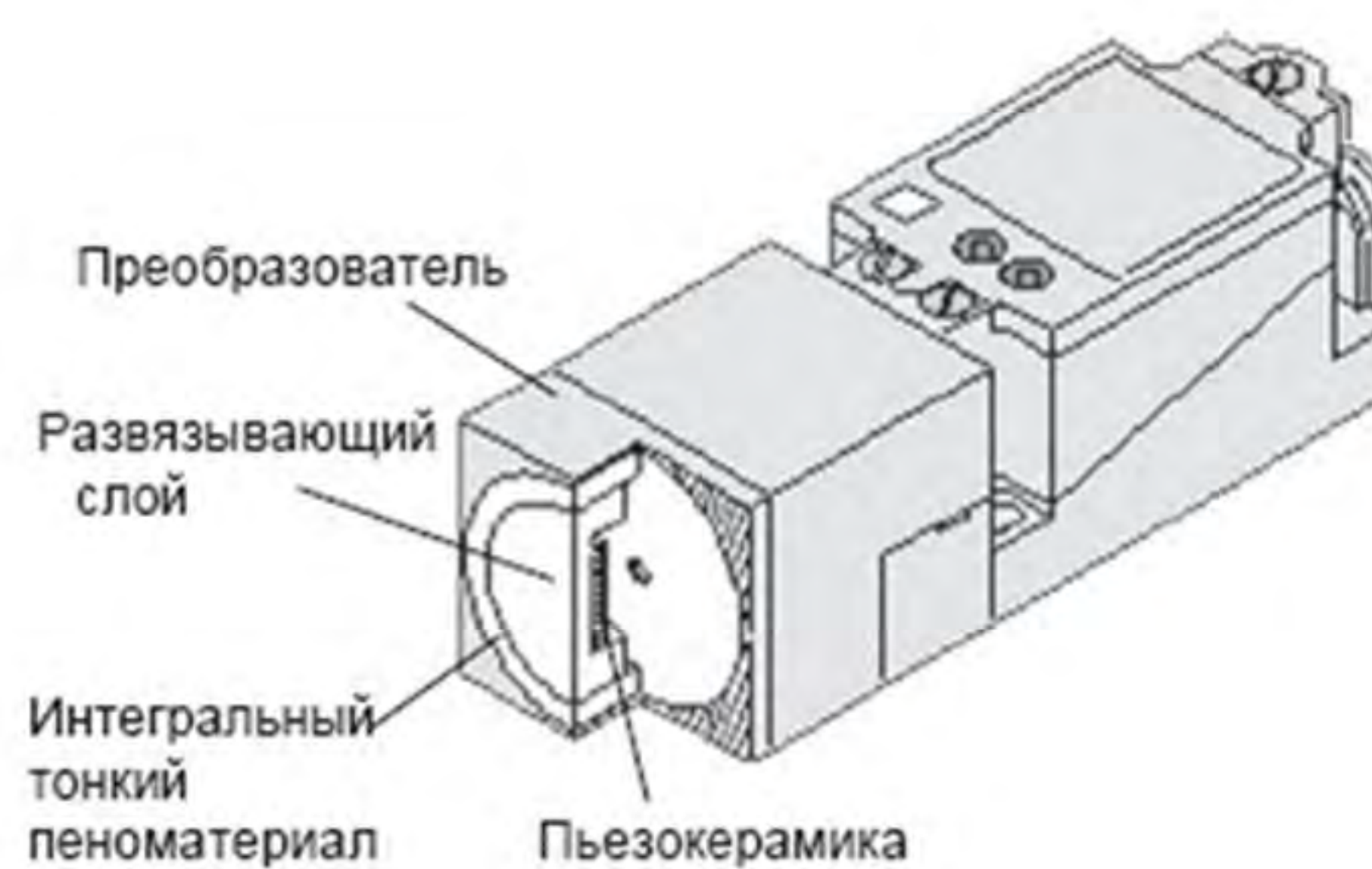
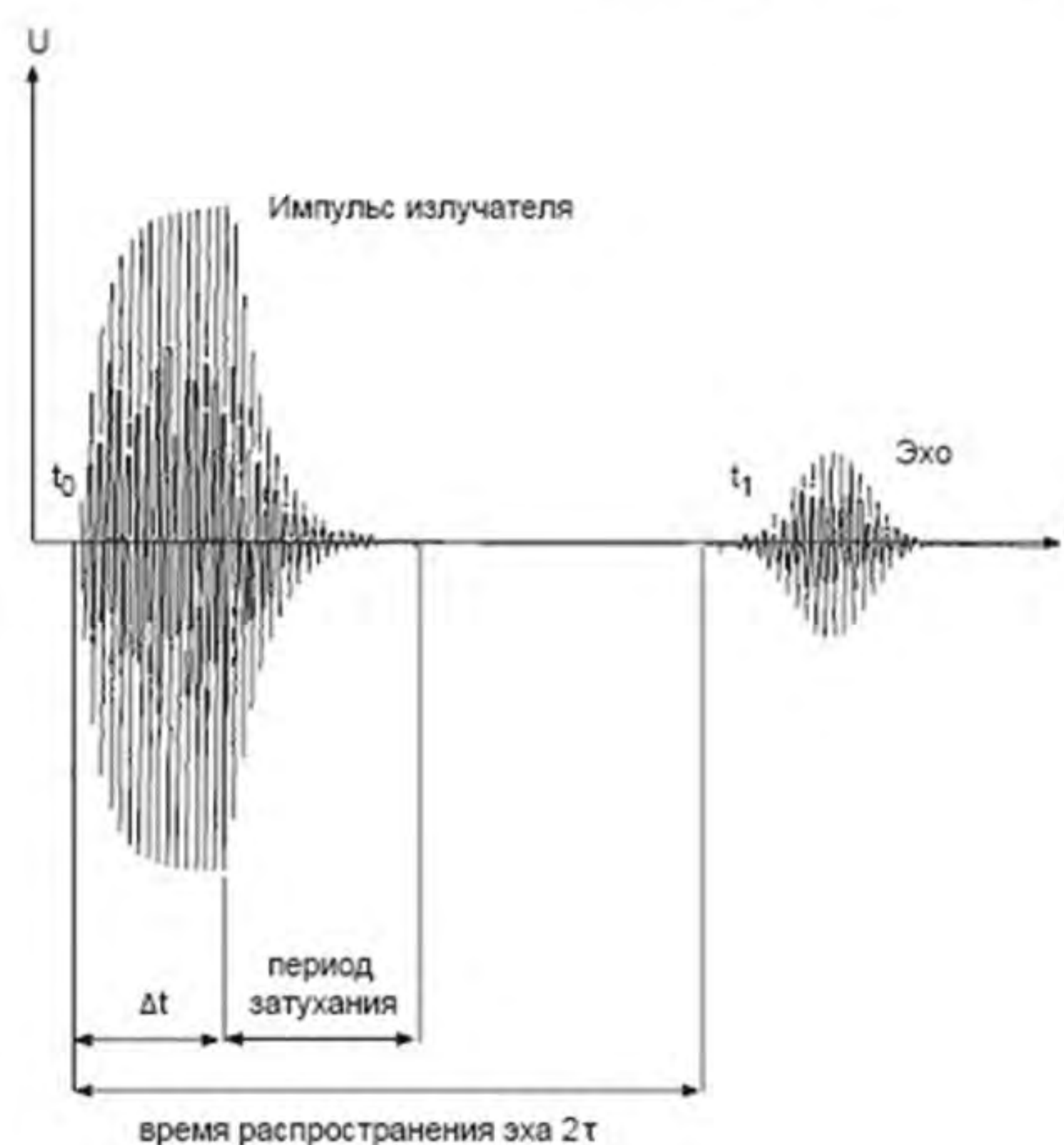


Датчики контроля системы активной безопасности

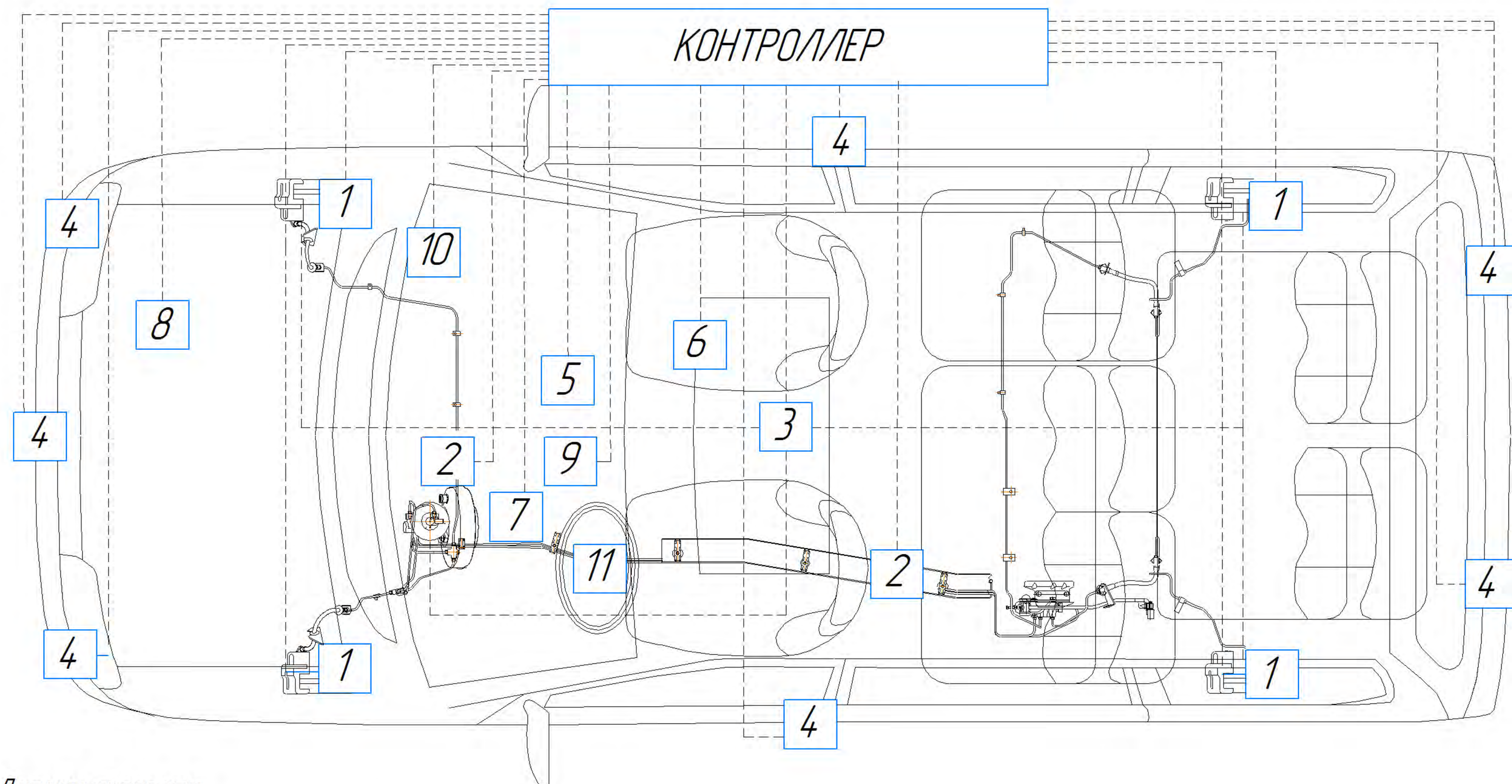
Акселерометр



Ультразвуковой датчик



Модернизированная тормозная система



1. Датчик скорости
2. Датчик давления тормозной системы
3. Антиблокировочная система ABS
4. Ультразвуковой датчик
5. Акселерометр по оси X
6. Электромагнитная катушка
7. Акселерометр по оси Y
8. Блок управления двигателем
9. Электронный блок управления
10. ГЛОНАС
11. Панель приборов

				ПГУ 11-07.23.03.01.001 ВО			
				Модернизированная тормозная система			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Максимова			1		1:1
Проб.		Войнов					
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.		Каледо			Кар. "ТМ"		
Утв.		Солтын			гр. 16.3МГ31		
Копировал				Формат А1			

Система активной безопасности транспортного средства



Антиблокировочная система



Система курсовой устойчивости



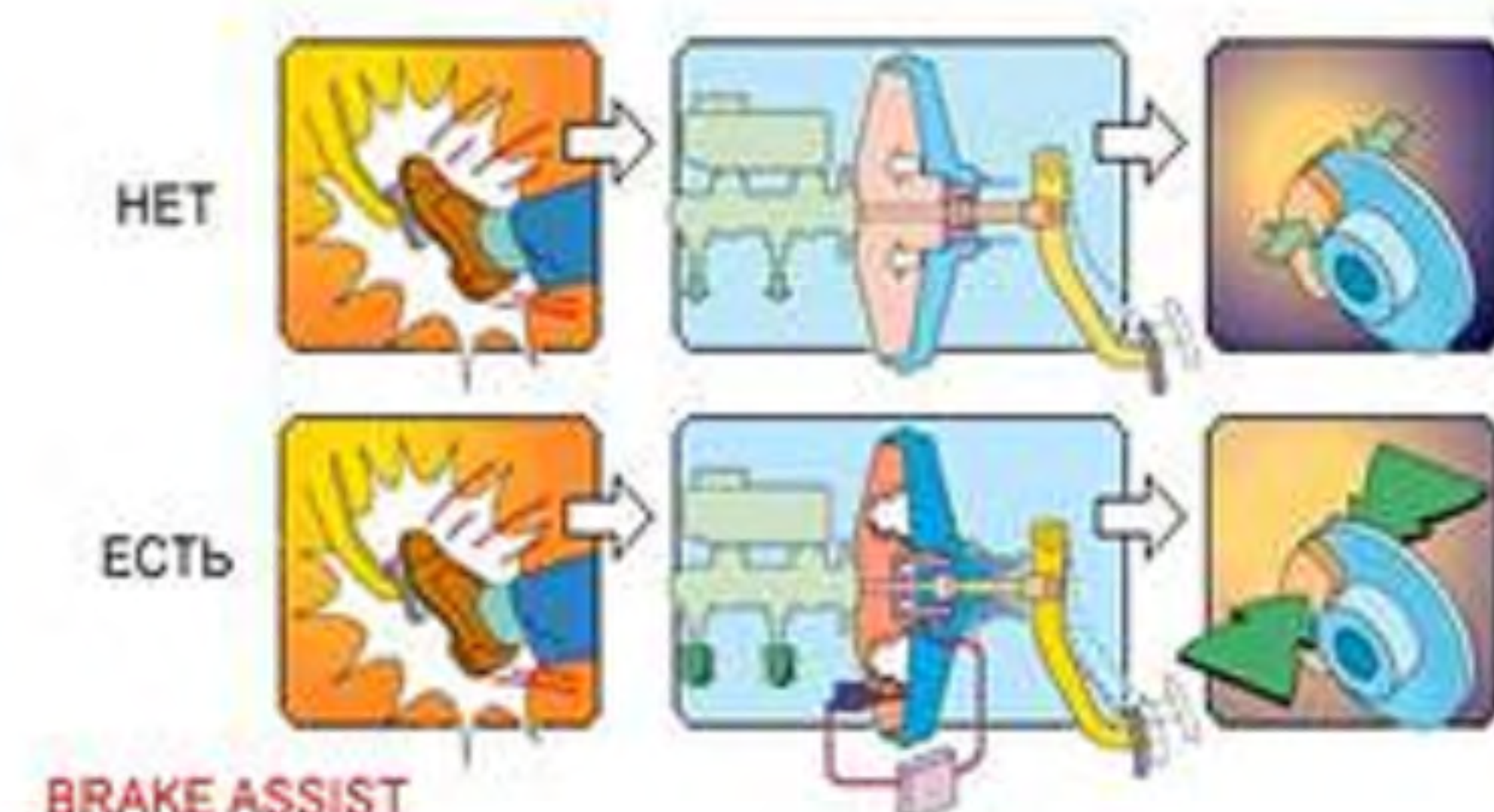
Антипробуксовочная система



Система активного круиз контроля



Система мониторинга слепых зон



Система помощи при торможении



Система City Safety

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра “ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ”

**Повышение активной безопасности
транспортного средства среднего
класса за счет модернизации
тормозной системы**

Выполнил: Максимов С.И.
Руководитель: Войнов А.А.

Пенза 2020

Целью дипломного проекта повышение активной безопасности путем модернизации тормозной системы

Задачи дипломного проекта:

- ▶ Выполнить обзор существующих систем активной безопасности на транспортных средствах
- ▶ Разработать конструкцию модернизированной тормозной системы
- ▶ Выполнить расчет элементов конструкции тормозной системы
- ▶ Оценить экономическую эффективность от модернизации тормозной системы

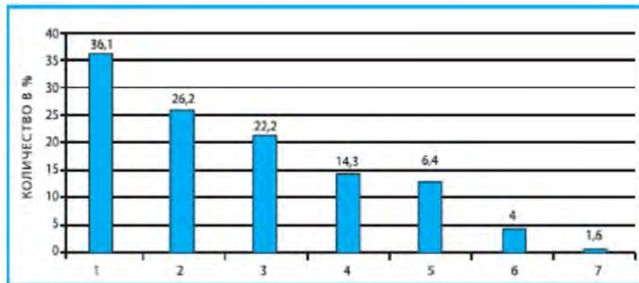
Анализ причин ДТП



Статистика ДТП

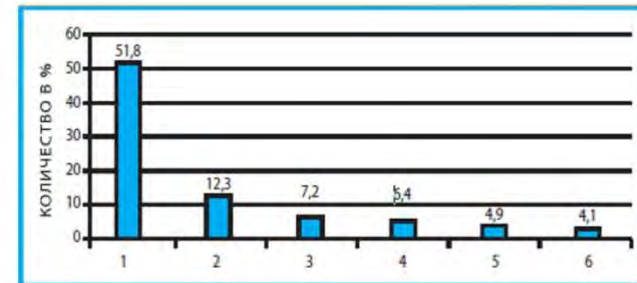
ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ВОНИКНОВЕНИЯ ДТП

1. Нарушение правил дорожного движения участниками дорожного движения.
2. Техническая неисправность транспортных средств (ТС)
3. Неудовлетворительное состояние автомобильных дорог
4. Негативное воздействие природных факторов



Относительное (%) количество ДТП по основным видам технических неисправностей ТС:

1 - неисправность тормозной системы, 2 - неисправность внешних световых приборов, 3 - неисправность сцепного устройства, 4 - износ резины колес, 5 - неисправность рулевого управления, 6 - отсоединение колеса, 7 - несоответствие шин модели ТС и др.



Относительное (%) количество ДТП по основным видам неудовлетворительного состояния автомобильных дорог

1 - низкие сцепные качества покрытия, 2 - недостаточное или неисправное освещение дороги, 3 - неровное покрытие дорожного полотна, 4 - ограниченная видимость, 5 - дефекты дорожного полотна, плохая разметка дороги и др.

Остановочный путь автомобиля

Остановочный путь – это расстояние, которое проходит транспортное средство (автомобиль, поезд, трамвай и т.п.) с момента обнаружения водителем опасности до полной остановки.

Остановочный путь включает в себя:

- расстояние, пройденное автомобилем за время реакции водителя;
- расстояние, пройденное автомобилем за время срабатывания тормозной системы;
- тормозной путь.



Современные системы активной безопасности



Антиблокировочная система



Система курсовой устойчивости



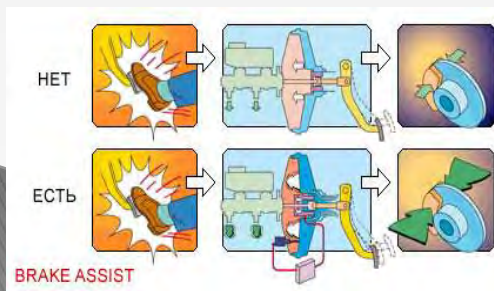
Антипробуксовочная система



Система активного круиз контроля



Система мониторинга слепых зон



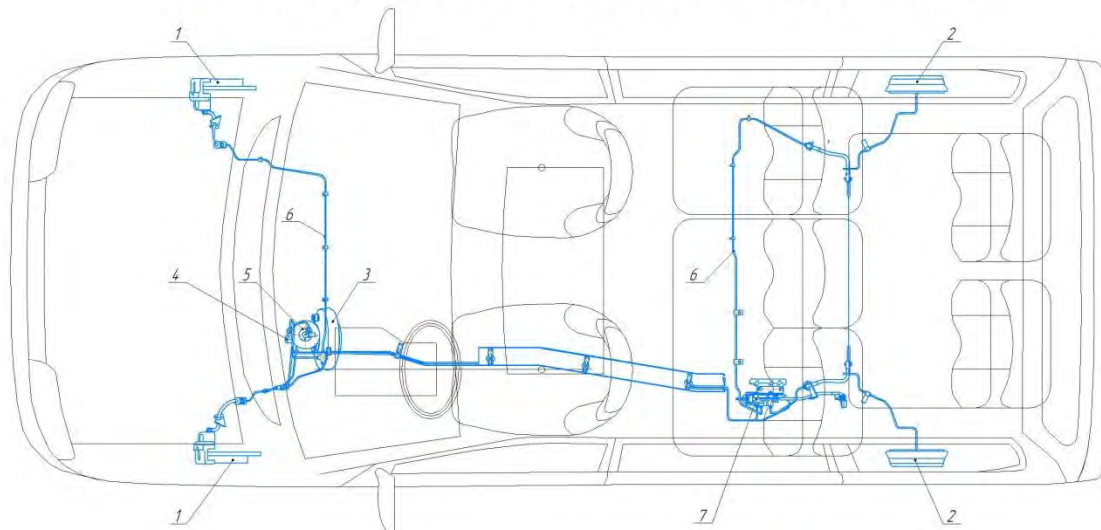
Система помощи при торможении



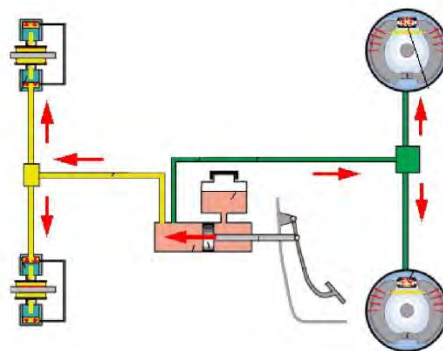
Система City Safety

Тормозная система автомобиля

ОБЩИЙ ВИД ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

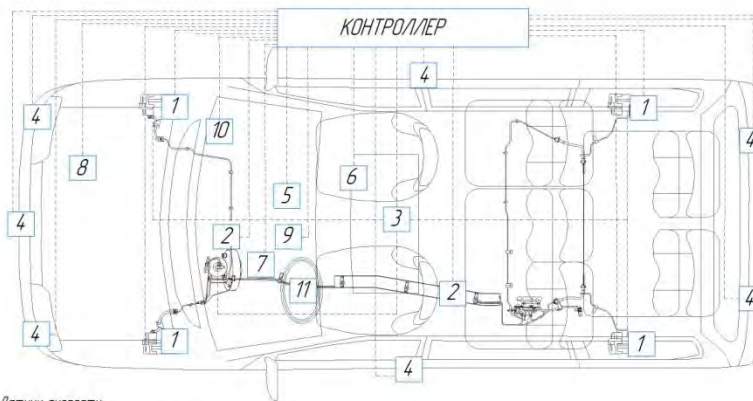


- 1. Передние тормозные механизмы
- 2. Задние тормозные механизмы
- 3. Вакуумный усилитель
- 4. Главный тормозной цилиндр
- 5. Расширительный бачок
- 6. Система трубопроводов
- 7. Регулятор давления



Модернизированная система тормозов

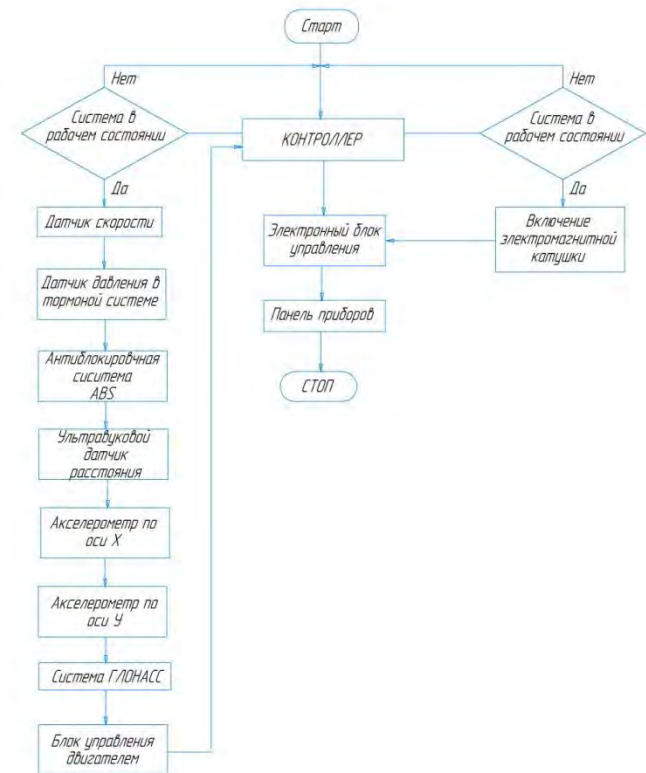
ОБЩИЙ ВИД АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ



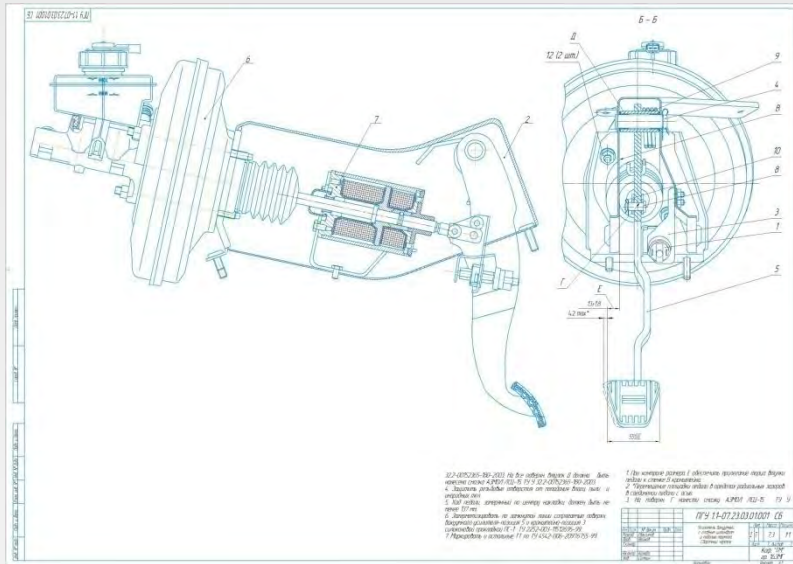
1. Датчик скорости
2. Датчик давления тормозной системы
3. Антиблокировочная система ABS
4. Ультразвуковой датчик
5. Акселерометр по оси X
6. Электромагнитная катушка
7. Акселерометр по оси Y
8. Блок управления двигателем
9. Электронный блок управления
10. ГЛОНАСС
11. Панель приборов

№ 4 11-0723101001 В0	
Адаптивная тормозная система	
ИЗМ.	11
ВНЕС.	
УТВ.	
Дата	2011
Лист	11
из 11	

Алгоритм работы тормозной системы

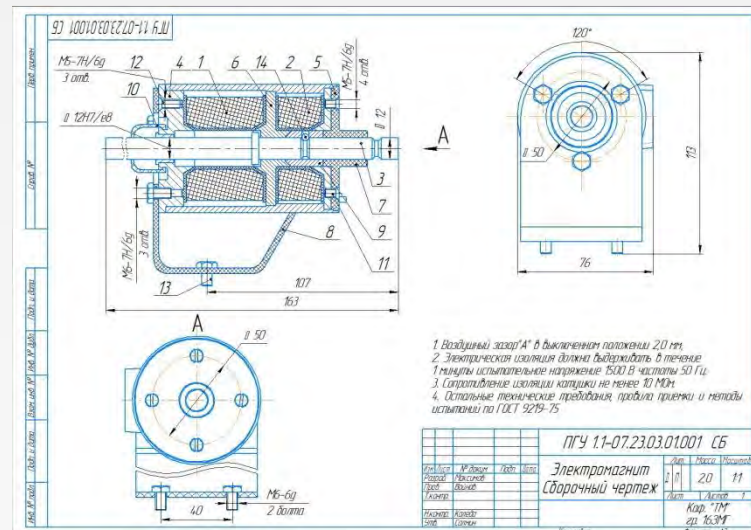


Модернизированная тормозная система



Электромагнитная катушка

Вакуумный усилитель



Бортовое оборудование

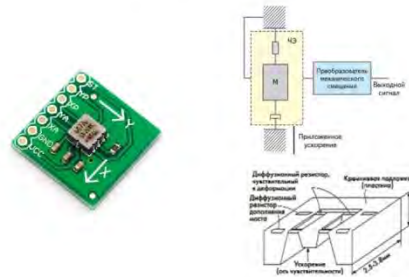
БОРТОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТОРМОЗОВ



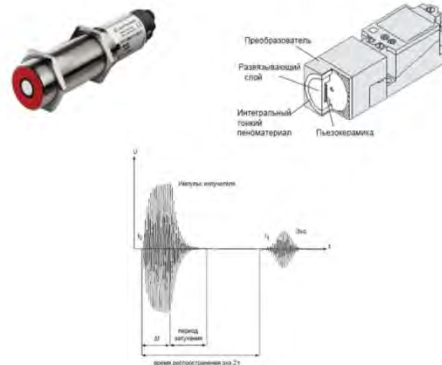
Датчики

Используемые в датчики

Акселерометр



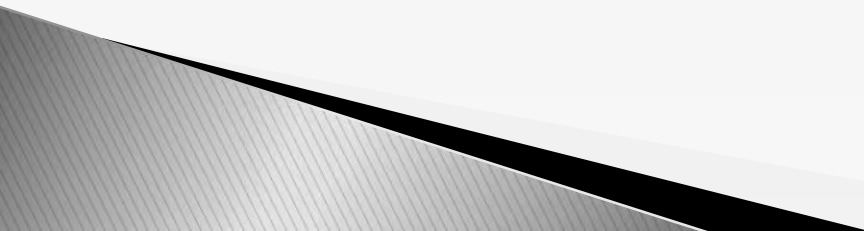
Ультразвуковой датчик



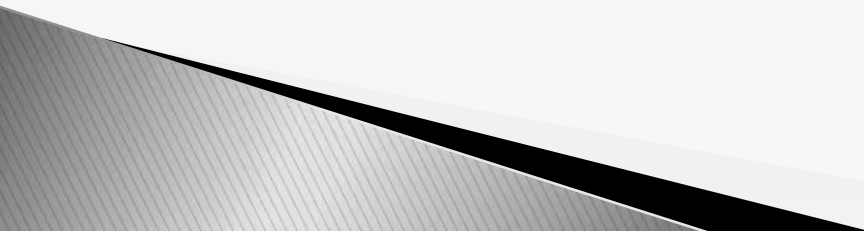
Выводы:

- ▶ Рассмотрены современные системы активной безопасности;
- ▶ Разработана конструкция модернизированной тормозной системы автомобиля;
- ▶ Рассчитана тормозная система, а также детали входящие в ее состав;

ПРЕИМУЩЕСТВА МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ:

1. Повышение активной безопасности;
 2. Снижение трудоемкости управления;
 3. Повышение эффективности тормозной системы;
- 

**СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ!**

A decorative graphic element in the bottom-left corner of the slide, consisting of overlapping diagonal lines in shades of gray and black, creating a textured, geometric effect.